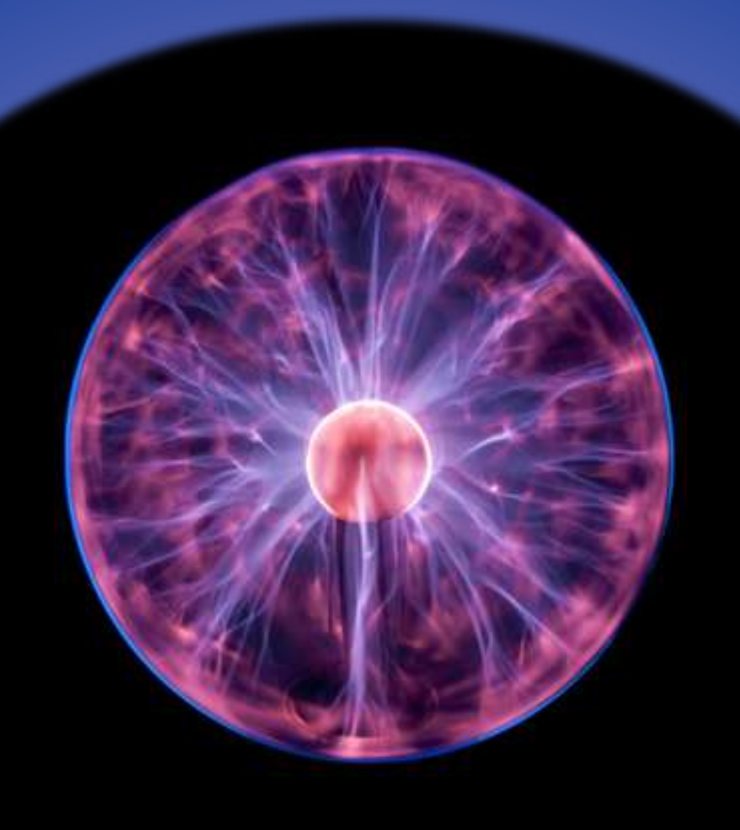
قوانين في الفيزياء

بنان راجي الكريم





2017/1438

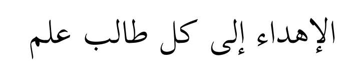
قوانين في الفيزياء

بنان راجي الكريم

الاصدار 2.2   29 ديسمبر 2017

كتاب مجاني


mohamed khatab



الإهداء إلى كل طالب علم

المقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين محمد بن عبد الله عليه وعلى آله أفضل الصلاة والتسليم.

أحمد الله جل وعلا، على أن امتن علي بكتابة هذا الكتيب الخاص بتبسيط الفيزياء، ومع أنه لا يشمل كل أبواب هذا العلم الكريم إلا أنني أرجو أن يكرمني رب العالمين بإضافة ما يتيسر في إصدارات قادمة إن شاء الله.

وأدعوا الله بفضله وكرمه أن يجعلني ممن يشملهم الحديث الشريف «من سلك طريقا يلتمس فيه علما سهل الله له به طريقا إلى الجنة».

- التصميم وتحرير الكتاب بإستخدام برنامج ليك Lyx الخاص بكتابة الكتب والبحوث العلمية ورسائل الماجستير والدكتوراه، ولغة لتيك Latex مفتوحتي المصدر.

- الرسومات التوضيحية ورموز الباركود باستخدام برنامج انكسكيب inkscape المفتوح المصدر وبرنامج gnuplot للرسوم البيانية المجاني والمفتوح المصدر.

- الاستشهادات مملوكة لأصحابها.

- تم كتابة النصوص بخط شهرزاد، والغلاف بخط KacstTitle ، وجميعها مجانية ومفتوحة المصدر.

- قاعدة بيانات قائمة المراجع bibtex تم انشائها وتحريرها باستخدام برنامج JabRef المجاني والمفتوح المصدر.

⁎ مرفق مع الكتاب ملف HPhysics.py يحتوي كود لحل المسائل الخارجية الموضوعة على قوانين هذا الكتاب (راجع فصل الملحقات في آخر الكتاب).

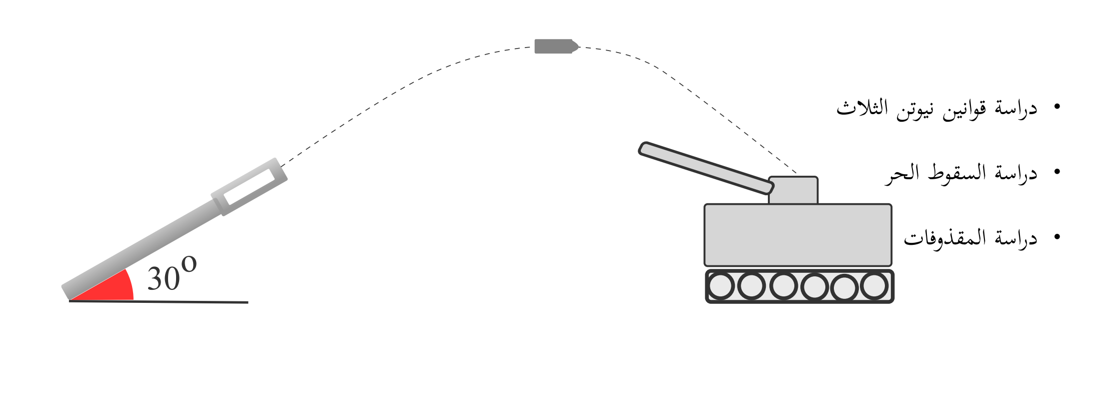
⁎ لأفضل قراءة: ليس كل مستعرضات pdf على الاندرويد وios تدعم اللغة العربية، أو الروابط التشعبية hyperlink ، والرسوم بصيغة svg المتجهية، لذا أنصح بتركيب برنامج *adobe acrobat reader* الأصلي.

أول إصدار من هذا الكتاب كان في عام 1435هـ الموافق 2014م.

المحتويات

1

الحركة

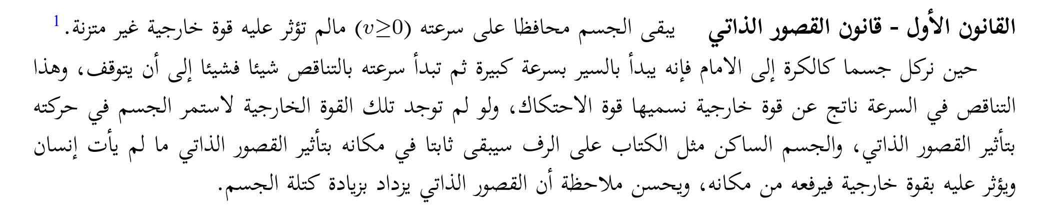


- دراسة قوانين نيوتن الثلاث
- دراسة السقوط الحر
- دراسة المقذوفات

مقدمة

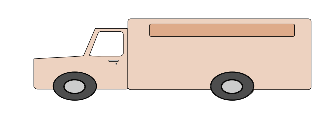
1.0.1 الحركة

1.0.1.1 قوانين نيوتن



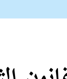
القانون الأول - قانون القصور الذاتي يبقى الجسم محافظا على سرعته ($v\geq0$) مالم تؤثر عليه قوة خارجية غير متزنة.[1]

حين نركل جسما كالكرة إلى الامام فإنه يبدأ بالسير بسرعة كبيرة ثم تبدأ سرعته بالتناقص شيئا فشيئا إلى أن يتوقف، وهذا التناقص في السرعة ناتج عن قوة خارجية نسميها قوة الاحتكاك، ولو لم توجد تلك القوة الخارجية لاستمر الجسم في حركته بتأثير القصور الذاتي، والجسم الساكن مثل الكتاب على الرف سيبقى ثابتا في مكانه بتأثير القصور الذاتي ما لم يأت إنسان ويؤثر عليه بقوة خارجية فيرفعه من مكانه، ويحسن ملاحظة أن القصور الذاتي يزداد بزيادة كتلة الجسم.



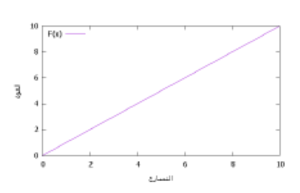
شكل 1.1: الشاحنة الكبيرة يصعب تحريكها إن كانت ساكنة، ويصعب إيقافها إن كانت متحركه لأن قصورها الذاتي كبير نتيجة لكبر كتلتها.

$$\sum F_i = 0 \tag{1.1}$$



القانون الثاني - قانون الديناميكا القوة المؤثرة على جسم تتناسب طرديا مع تسارعه في اطار مرجعي معين.

حين يبدأ القطار 🚂 بالانطلاق من المحطة فإن سرعته تبدأ بالزيادة من الصفر اثناء وقوفه ثم 1 م/ث ، 2 ، 3 ، .... ، إن هذه الزيادة المطردة في السرعة يطلق عليها فيزيائيا «التسارع الموجب» وهو عكس التسارع السالب الناتج عن تباطؤ الجسم، وقد نتجت الزيادة في سرعة القطار عن قوة يبذلها محركه في اتجاه الحركة، فالقوة ولدت زيادة في السرعة أي تسارع موجب، والعكس صحيح، فحين نبذل قوة عكسية بالمكابح (الفرامل) فإن السرعة تقل أي التسارع سالب، وهذا هو ما يعنيه قانون نيوتن الثاني.



شكل 1.2: نيوتن الثاني: يزداد التسارع بزيادة القوة.

$$\sum F = ma \tag{1.2}$$

حيث F القوا N ، m الكتلة Kg ، a التسارع m/s^2 .

مثال 1.0.1 السؤال

أوجد القوة اللازمة لإكساب جسم ساكن كتلته $4kg$ تسارعا مقداره $3m/s^2$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=4Kg$ ، $a=3m/s^2$

التطبيق:

$F=ma$

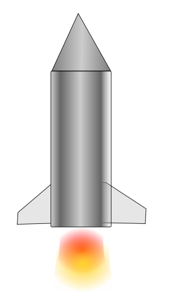
$=4\times3$

$=12N$

النتيجة: القوة التي يجب بذلها على الجسم تساوي 12 نيوتن.

القانون الثالث - قانون رد الفعل لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

تدخل أحيانا حبات من الغبار إلى الأنف فيعطس الإنسان، ويخرج الهواء من الفم بسرعة $160km/h$ ، نلاحظ عندها ارتداد الرأس إلى الخلف في اتجاه معاكس لإندفاع هواء العطسة، وهذا ما يحدث أيضا حين يخرج الهواء من مؤخرة الصاروخ، فالغازات المحترقة تندفع بقوة للأسفل ونسميها قوة الفعل بينما جسم الصاروخ يندفع بقوة معاكسة للأعلى وهي ما نسميها قوة رد الفعل وتكونان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، ويجب أن نتنبه إلى الخطأ الشائع القائل لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه، فليس لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار، فحين تدفع الكرسي للأمام مترا واحدا لن يندفع جسمك للخلف مترا واحدا مع أن الكرسي قد أثر على جسمك بقوة معاكسة تساوي القوة التي بذلتها عليه أثناء الدفع.[2]



شكل 1.3: قانون نيوتن الثالث: قوة اندفاع الغاز تولد قوة رد فعل ترفع الصاروخ.

$$F_a = -F_b \tag{1.3}$$

حيث F_a قوة الفعل، F_b قوة رد الفعل، والاشارة السالبة تدل على الإتجاه المعاكس.

[1] نيوتن فيزيائي انجليزي توفي عام 1727م.

[2] أبو البركات إبن ملكا أشهر العلماء المسلمين في القرن السادس الهجري الذين سبقوا في الحديث عن قوانين نيوتن ومبدأ جاليلو.

السرعة هي المسافة التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.

أي أن زيادة السرعة تعني زيادة المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن ، فإذا كان لدينا سيارة تقطع $10km$ في الساعة وسيارة أخرى تقطع $20km$ في الساعة، فهذا يعني أن السيارة الثانية أسرع من الأولى، لأنها تقطع مسافة أكبر في نفس وحدة الزمن وهي هنا الساعة، كما يجب ملاحظة أن السرعة كمية متجهة، فالطائرة التي تطير بسرعة $1000km/h$ لن تصل يوما إلى مطار الرياض إذا كان اتجاهها إلى مطار أبها.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \tag{1.4}$$

حيث v السرعة m/s ، Δd التغير في المسافة m ، Δt التغير في الزمن s .

500m

شكل 1.4: السرعة

مثال 1.0.2 السؤال

يقطع شاب المسافة من بيته للمسجد خلال 20 دقيقة، فإذا علمت أنه يسكن على بعد $500m$ عن المسجد، احسب سرعة مشيه؟

الحل

تعيين المعطيات: $d{=}500m$ ، $t{=}20min$

التطبيق: نحول الزمن إلى ثوان..

$t{=}20{\times}60{=}1200s$

نحسب السرعة..

$v{=}\frac{d}{t}$

${=}\frac{500}{1200}{=}0.4m/s$

النتيجة: السرعة التي يسير بها الشاب للوصول للمسجد وتساوي $0.4m/s$ و $1.44km/h$.

التسارع هو معدل تغير السرعة المتجهة خلال وحدة الزمن.

التسارع كمية فيزيائية نعبر بها عن الزيادة أو النقصان في سرعة جسم ما خلال فترة زمنية معينة، فحين ينطلق العداء في مضمار السباق، نقول أن له تسارع موجب، أي زادت سرعته من صفر إلى $10m/s$ مثلا، وحين يضغط راكب الدراجة على المكابح الهوائية إلى أن يتوقف، فإننا نقول إن تسارعه سالب، أي نقصت سرعته إلى أن أصبحت صفر.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{1.5}$$

حيث a التسارع m/s^2 ، Δv التغير في السرعة m/s .

مثال 1.0.3 السؤال

سيارة تستطيع الوصول إلى $100km/h$ من السكون خلال $3.5s$ ، أحسب تسارعها؟

الحل

تعيين المعطيات: $v{=}100km/h{=}27.77m/s$ ، $t{=}3.5s$

التطبيق:

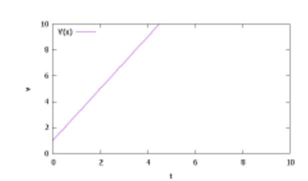
$a{=}\frac{v}{t}$

${=}\frac{27.77}{3.5}{=}7.93m/s^2$

النتيجة: تسارع السيارة 7.93متر/ثانية مربعة.

1.0.1.2 معادلات الحركة الخطية

معادلات الحركة هي معادلات متعلقة بالحركة الخطية، وتتعامل مع اربع متغيرات هي المسافة والزمن والسرعة والتسارع، والبعض يعتبرها ثلاث معادلات والبعض يعتبرها اربع وبعضهم يقول انها خمس، لكن الحقيقة أنها جميعا مشتقة من معادلتين، ومنهما يمكننا اشتقاق الثالثة والرابعة و...، كأننا نتعامل مع أسرة بها أب وأم ومنهما ينتج الأبناء، واختيار القانون المناسب يتوقف على المعطيات والمجهول في السؤال.



شكل 1.5: المعادلة الأولى للحركة: تزداد السرعة بزيادة الزمن.

$$v_x(t) = a_0 t + v_0 \qquad (1.6)$$

مثال 1.0.4 السؤال

سيارة تسير بسرعة $10m/s$ ثم زادت سرعتها بتسارع مقداره $4m/s^2$ ، احسب السرعة التي ستصلها بعد 8 ثوان ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v{=}10m/s$ ، $v_0{=}4m/s$ ، $t{=}8s$

التطبيق:

$v_x(t){=}a_0t{+}v_0$

$={(4{\times}8)}{+}10$

$=42m/s$

النتيجة: السرعة التي ستصلها السيارة بعد 8 ثوان تساوي 42 متر/ثانية.

شكل 1.6: المعادلة الثانية للحركة: تزداد المسافة المقطوعة بزيادة الزمن.

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \qquad (1.7)$$

مثال 1.0.5 السؤال

جسم ساكن انطلق بتسارع مقداره $5m/s^2$ لمدة $9s$ ، احسب المسافة التي قطعها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0{=}0$ ، $a{=}5m/s^2$ ، $t{=}9s$

التطبيق:

$x(t){=}\frac{1}{2}at^2{+}v_0t$

$={(\frac{1}{2}{\times}5{\times}9^2)}{+}(0{\times}9)$

$=202.5{+}0{=}202.5m$

النتيجة: المسافة التي قطعها الجسم تبلغ 202.5متر.

أشهر المعادلات المستنتجة منهما $v_f^2{=}v_0^2{+}2a\Delta x$.

1.0.1.3 السقوط الحر



شكل 1.7: السقوط الحر[11]

السقوط الحر هو سقوط الجسم باتجاه الارض دون تأثير قوة خارجية عدا الجاذبية الارضية.
وما يميز هذا النوع من الحركة أننا نستبدل التسارع الخطي a بتسارع الجاذبية الأرضية g ذو القيمة الثابتة $9.8m/s^2$ مهما تغيرت كتلة الجسم أو حجمه.

$v_f(t){=}a_0 t{+}v_0$ ← g

$x(t){=}\frac{1}{2}a\,t^2{+}v_0t$ ← g

$v_f(t){=}gt{+}v_0$

$x(t){=}\frac{1}{2}gt^2{+}v_0t$

الزمن في السقوط الحر

$$t_g = \sqrt{\frac{2h}{g}} \qquad (1.8)$$

حيث t_g زمن السقوط الحر، g تسارع الجاذبية الارضية m/s^2 ، h الارتفاع m .

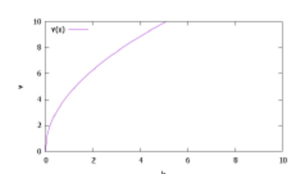
⋆ **طرفة علمية**

أعلى سقوط حر للامريكي ايكنز الذي قفز من ارتفاع 25 الف قدم بدون مظلة وسقط على شبكة دون أن يصاب بأذى.

السرعة في السقوط الحر

القانون البسيط

حين نريد حساب سرعة الجسم الساقط سقوط حر، مع تجاهل الإحتكاك بالهواء فإننا نستخدم قانون بسيط، يعتمد على متغير واحد فقط هو الإرتفاع، وثابت واحد هو ثابت الجاذبية الأرضية، لكن يجب علينا الانتباه إلى أن السرعة التي نتحدث عنها هي السرعة الرأسية.



شكل 1.8: زيادة سرعة السقوط الحر كلما زاد الإرتفاع بسبب تسارع الجاذبية الأرضية.

$$v_g = \sqrt{2gh} \tag{1.9}$$

حيث v_g سرعة الجسم عند ارتفاع معين، g تسارع الجاذبية الأرضية، h الارتفاع.

مثال 1.0.6 السؤال

سقطت كرة كتلتها $10Kg$ ونصف قطرها $1m$ من أعلى مبنى ارتفاعه $40m$ ، احسب الزمن اللازم لوصوله للأرض، وسرعته عند ذلك؟

الحل

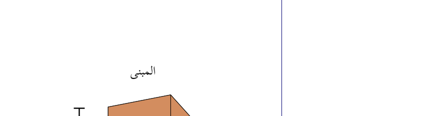
تعيين المعطيات: $g=9.8m/s^2$ ،$h=40m$

التطبيق:

(الزمن) $t_g = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$=\sqrt{\frac{2\times40}{9.8}}$

$=2.85s$



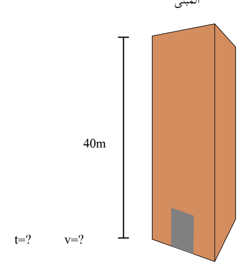
(السرعة) $v_g = \sqrt{2gh}$



$=\sqrt{2\times9.8\times40}$

$=28m/s$

النتيجة: سيصل الجسم للأرض بعد 2.85 ثانية وبسرعة 28 متر/ثانية، لاحظ أننا لم نستخدم الكتلة و نصف القطر.



شكل 1.9: السقوط الحر

القانون الدقيق للاجسام الكروية

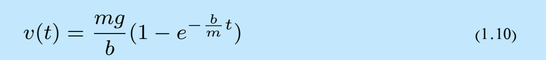
عندما نريد حساب سرعة الكرة التي تسقط سقوط حر، بدقة ومع مراعاة نوع الوسط المادي ولزوجته، فإننا نحتاج إلى قانون أدق.



الماء	الهواء	درجة الحرارة
$1.792cp$	$171\mu p$	$0^{\circ}C$
$1.005cp$	$181\mu p$	$20^{\circ}C$
$0.656cp$	$190\mu p$	$40^{\circ}C$
$0.284cp$	$218\mu p$	$100^{\circ}C$

جدول 1.1: معامل لزوجة الهواء والماء[6]

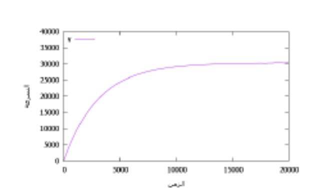
$$v(t) = \frac{mg}{b}(1 - e^{-\frac{b}{m}t}) \tag{1.10}$$



$$b = -6\pi\eta r \tag{1.11}$$

$$v_{\text{الحدية}} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho A C_d}} \tag{1.12}$$

حيث b معامل السحب السطحي $N.s/m$ ، η معامل اللزوجة $N.s/m^2$ ، r نصف قطر الكرة الساقطة m ، ρ كثافة الوسط، A مساحة الجسم، C_d معامل الاعاقة (لجسم معين في مائع معين).



شكل 1.10: يختفي التسارع عند الوصول للسرعة الحدية.

السرعة تتوقف عن الزيادة $a=0m/s^2$ عند الوصول لسرعة معينة تسمى السرعة الحدية، وهذه السرعة تتغير بتغير لزوجة الوسط وكتلة المادة وحجمها.

مثال 1.0.7 السؤال

سقطت كرة كتلتها $0.1Kg$ ونصف قطرها $1cm$ من أعلى مبنى ارتفاعه $40m$ ، احسب سرعتها بعد $2.85s$ حيث معامل لزوجة الهواء $171\mu p$ (ميكروبواز) عند صفر سلزيوس ؟

الحل

تعيين المعطيات: h=$40m$، r=$0.01m$ ، t=$2.85s$ ، η=$171\times10^{-6}p$=$171\times10^{-7}Pa.s$

التطبيق:

(معامل السحب السطحي) $b = 6\pi\eta r$

$=6\pi\times171\times10^{-7}\times0.01$

$=32.23\times10^{-7}$

(السرعة) $v(t) = \frac{mg}{b}(1-e^{-\frac{b}{m}t})$

$=\frac{0.1*9.8}{32.23\times10^{-7}}(1-e^{-\frac{32.23\times10^{-7}}{0.1}\times2.85})$

$=304064.53\times(1-e^{-9.18\times10^{-5}})$

$=27.91m/s$

النتيجة: ستكون سرعة الكرة 27.91 متر/ثانية، لاحظ انخفاض قيمة السرعة عن المثال السابق نتيجة مراعاة اللزوجة.

مثال 1.0.8 السؤال

قفز مظلي كتلته $70Kg$ من الطائرة، احسب السرعة الحدية له أثناء سقوطه على بطنه ؟ (طول الرجل $1.7m$ وعرضه $0.4m$)

الحل

تعيين المعطيات: m=$70Kg$، ρ=$1.1Kg/m^3$ ، A= $0.68m^2$ ، C_d=1.2

التطبيق:

$v_{\text{الحدية}}=\sqrt{\frac{2mg}{\rho AC_d}}$

$=\sqrt{\frac{2\times70\times9.8}{1.1\times0.68\times1.2}}$

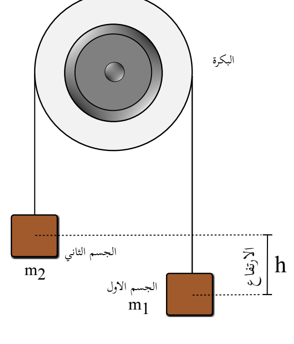
$=39m/s$

النتيجة: السرعة الحدية (السرعة القصوى) للمظلي على بطنه 39 متر/ ثانية.

السرعة في آلة آتوود

آلة اتوود[3] هي جهاز معملي مكون من عمود مثبت على قاعدة، وفي أعلى العمود توجد بكرة يحيط بها خيط تعلق في طرفيه كتلتين مختلفتين، بحيث يتحرك الخيط باتجاه الكتلة الأكبر.

البكرة هي عجلة بها فتحة في وسطها وتعمل كمحور دوران لها، وقد تحتوي أنظمة البكرات على أكثر من بكرة، وتتميز أنظمة البكرات بكفاءتها العالية في نقل الطاقة، أي أن نسبة الطاقة المفقودة خلال عملية نقل الطاقة منخفضة جدا.



شكل 1.11: آلة آتوود

$$v_x = \sqrt{(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})2gh} \quad (1.13)$$

حيث m_1كتلة الجسم الأول، m_2كتلة الجسم الثاني، h فرق الارتفاع بين مركزي الجسمين.

[3] آلة تم اختراعها في عام 1784 على يد الانجليزي جورج آتوود.

مثال 1.0.9 السؤال

احسب سرعة حركة جسمين معلقين في طرفي حبل على بكرة حرة الحركة، عندما يصبح الارتفاع بينهما $20cm$ وكتلتهما 10 و 20 كيلوجرام على التوالي؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=20cm$ ، $m_1=10kg$ ، $m_2=8kg$

التطبيق:

$$v_x=\sqrt{(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})2gh}$$

$$=\sqrt{(\frac{10-8}{10+8})\times2\times9.8\times0.2}$$

$$=0.659m/s$$

ويمكن حلها بطريقة أخرى..

$$\Delta F=ma$$

$$(10\times9.8)-(8\times9.8)=(10+8)\times a$$

$$19.6=18a$$

$$a=1.088m/s^2$$

$$v_f^2=v_0^2+2a\Delta x$$

$$v_f=\sqrt{(0+2\times1.088\times0.2)}$$

$$=0.659m/s$$

النتيجة: سرعة حركة الجسمين ستكون 0.659 متر/ثانية.

1.0.1.4 المقذوفات



شكل 1.12: المقذوفات[11]

عند إنطلاق أو قذف جسم ما إلى الهواء، نسميه في هذه الحالة مقذوف، أي أنه اكتسب طاقة أولية، نتيجة بذل قوة عليه، ثم أصبح يتحرك في الهواء تحت تأثير قوة الجاذبية فقط، وبدون قوة دفع أخرى، سواء داخلية مثل قوة دفع أجنحة الطائر، أو خارجية مثل قوة دفع الرياح. إن هذا الجسم سيتحرك في الهواء لفترة ما، ثم يبدأ بالهبوط إلى الأرض بتأثير الجاذبية الارضية، وأيضا نتيجة فقد جزء من الطاقة الحركية بتأثير الاحتكاك بالهواء، وغالبا يتم تجاهل الاحتكاك في الأمثلة البسيطة غير التخصصية، إن السرعة الرأسية للجسم المقذوف تساوي صفر في أعلى نقطة يصلها، أما السرعة الأفقية فتحسب بالمعادلة $V_h=V_0Cos\theta$ ، وإذا كانت نقطة الانطلاق ونقطة الوصول في مستوى أفقي واحد، يمكننا التعويض مباشرة في القانونين التاليين.

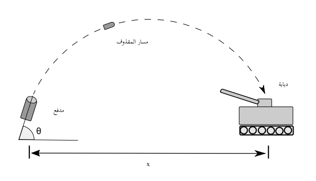
المسافة النهائية الأفقية في المقذوفات بعد أن نقذف الجسم، يبدأ بالارتفاع ثم السقوط على الأرض، فإذا أردنا حساب المسافة الأفقية بين نقطة الإطلاق ونقطة الاصطدام بالارض أو الهدف، نستخدم القانون:

$$x=\frac{2v_0^2sin(\theta)cos(\theta)}{g}=\frac{v_0^2sin(2\theta)}{g} \quad (1.14)$$

حيث θ الزاوية بين الأفق وخط إطلاق القذيفة، v_0السرعة الإبتدائية أو سرعة الإطلاق.

زمن الوصول الافقي في المقذوفات ولحساب الزمن الذي يحتاجه المقذوف من لحظة إطلاقه إلى لحظة إصطدامه بالأرض نستخدم القانون:

$$t=\frac{2v_0sin(\theta)}{g} \quad (1.15)$$



شكل 1.13: المسافة الافقية في المقذوقات

إن الصيغتين أو المعادلتين السابقتين هي مجرد صيغ لتبسيط وتسريع حل المسائل، لكن أنصح بالتعامل مع الصيغ العامة كما في طريقة الحل الثانية في المثال التالي، لأنها تسمح لنا بحفظ المعادلات الأساسية، ثم نعتمد على ذكائنا وفهمنا للسؤال.

قوانين حساب السرعة الرأسية:

$$v_f(t)=gt+v_0$$

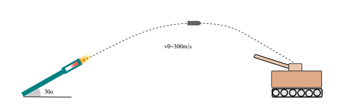
$$x(t)=\frac{1}{2}gt^2+v_0t$$

مثال 1.0.10 السؤال

أطلقت قذيفة مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها $300m/s$ وبزاوية °30 مع الافق، احسب بعد الهدف الذي ستصيبه، والزمن اللازم لذلك؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0 300m/s$، θ=30°



التطبيق:

(المسافة)
$$x = \frac{v_0^2 sin(2\theta)}{g}$$

$$=\frac{300^2 \times sin(2\times30)}{9.8}$$

$$=7953.29m$$

(الزمن)
$$t = \frac{2v_0 sin(\theta)}{g}$$

$$=\frac{2\times300\times sin30}{9.8}$$

$$=30.61s$$

حل آخر باستخدام معادلات الحركة..

(المركبة الرأسية)
$$v_y = v_0 sin\theta$$

$$=300sin30=150m/s$$

$$v_f=v_0+gt$$

$$0=150+9.8\times t$$

$$t=-150/(-9.8)=15.3s$$

هذا زمن الصعود، وزمن الهبوط مثله، فيكون الزمن الكلي $30.6s$.

(المركبة الأفقية)
$$v_x = vcos\theta$$

$$=300cos30=259.8m/s$$

$$x=vt=259.8\times30.6=7950m$$

النتيجة: بعد الهدف الذي ستصيبه القذيفة 7953.29 متر، وتصله القذيفه بعد 30.61 ثانية من إطلاقها.

1.1 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الزاوية التي يجب استخدامها لاطلاق قذيفة مدفع هاوتزر 155 مم بسرعة $v_0=827m/s$ لكي يصيب هدف على بعد $x=24km$ ؟ ثم احسب الزمن اللازم لاصابة الهدف ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0=827m/s$ ، $x=24000m$

التطبيق:

$$x=\frac{v_0^2 sin(2\theta)}{g}$$

$$24000=\frac{827^2\times sin(2\times\theta)}{9.8}$$

$$sin(2\times\theta)=\frac{24000\times 9.8}{827^2}$$

$$\theta=\frac{sin^{-1}(0.343)}{2}=10.05degrees$$

$$t=\frac{2v_0 sin(\theta)}{g}$$

$$=\frac{2\times 827\times sin(10.05)}{9.8}=29.45s$$

2- ترك جسم ليسقط رأسيا بسرعة $0m/s$ من أعلى جرف ارتفاعه $85m$؟ كم الزمن اللازم لوصوله للارض؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0=0m/s$ ، $x=80m$

التطبيق:

$$x(t)=\frac{1}{2}at^2+v_0t$$

$$85=0.5\times 9.8\times t^2$$

$$t=\sqrt{\frac{85}{4.9}}=4.165s$$

3- قام نسر بالامساك بسلحفاة كتلتها $1.3kg$ ثم حملها إلى ارتفاع $70m$ وألقاها على صخرة لكي تتكسر صدفتها، احسب سرعة إصطدامها بالصخرة الموجودة على الارض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1.3Kg$، $h=70m$

التطبيق:

$$v=\sqrt{2gh}$$

$$=\sqrt{2\times 9.8\times 70}$$

$$=37.04m/s$$

4- علق جسمين كتلتهما 10 ، 15 كيلوجرام في طرفي آلة آتوود، احسب سرعة حركتهما عندما تكون المسافة الرأسية بينهما 35 سنتمتر ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_1=10Kg$ ، $m_2=15Kg$ ، $h=35cm=$ $0.35m$

التطبيق:

$$v_x=\sqrt{(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})2gh}$$

$$=\sqrt{(\frac{15-10}{15+10})\times 2\times 9.8\times 0.35}$$

$$=1.171m/s$$

5- احسب الزمن الذي يحتاجه الأسد للوصول إلى سرعة $60km/h$ إذا علمت أنه يتسارع من السكون بمقدار $4.2m/s^2$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_x=60km/h$ ، $a=4.2m/s^2$

التطبيق:

$$v_x(t)=a_0t+v_0$$

$$t=\frac{v_x-v_0}{a}=\frac{16.66-0}{4.2}$$

$$t=3.966s$$

6- القوس الانجليزي الطويل يطلق السهم بقوة تساوي $470N$ ، إحسب تسارع السهم الذي كتلته $0.25Kg$ ، ثم احسب سرعته بعد 2 ثانيه؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=470N$ ، $m=0.25Kg$ ، $t=2s$

التطبيق:

$$F=ma$$

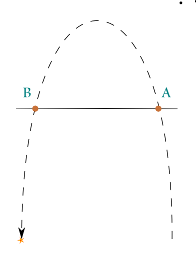
$$a=\frac{470}{0.25}=1880m/s^2$$

أي أن سرعته $1880m/s$ في الثانية الأولى، ومنه نحسب سرعة السهم المقذوف

$$v_x(t)=gt+v_0$$

$$v_x=((-9.8)\times 2)+1880=1860.4m/s$$

7- في المقذوفات الحرة، تتساوى سرعة الجسم في أي نقطتين تقعان في مستوى أفقي واحد :



ا) صحيح ✓   ب) خاطيء

8- سقوط قائد الدراجة عن دراجته حين توقفها فجأة مثال على :

ا) الخاصية الاسموزية   ج) القصور الذاتي ✓

ب) قانون نيوتن الثالث   د) قاون نيوتن الثاني

9- سقط جسم من أعلى مبنى، وبعد 10 ثوان وصل إلى الأرض، فتكون سرعة اصطدامه بالأرض بالمتر/ثانية :

ا) 9.8   ج) 980

ب) 98 ✓   د) 9800

10- سيارة A تغيرت سرعتها من $10m/s$ إلى $30m/s$ خلال $4s$ ، وسيارة B تغيرت سرعتها من $22m/s$ إلى $33m/s$ خلال $11s$ ، أيهما تسارعه أكبر :

ا) A ✓   ج) متساويتان

ب) B   د) تسارعهما صفر

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

11- إذا قذف جسم إلى الأعلى بسرعة $100m/s$ ، إحسب سرعته بعد $5s$ ؟

ا) $5+100$ ج) 5

ب) $100-5\times9.8$ ✓ د) $100+5\times9.8$

12- تصبح سرعة الجسم المقذوف صفر، عند أعلى نقطة نتيجة ؟

ا) التسارع الموجب ج) التسخين

ب) التسارع السالب ✓ د) الشحنة الكهربائية

13- تسارع جسم تتغير سرعته من $10m/s$ إلى $30m/s$ خلال $10s$ ؟

ا) $3m/s$ ج) $40m/s$

ب) $20m/s$ د) $2m/s$ ✓

14- ينطلق جسم من السكون بتسارع $2.5m/s$ ، احسب سرعته بعد $10s$ ؟

$V_f{=}V_0{+}at$

ا) $3m/s$ ج) $40m/s$

ب) $12.5m/s$ د) $25m/s$ ✓

15- إحسب السرعة التي سيصل لها جسم بعد قطعه $10m$ ، إذا انطلق من السكون بتسارع $5m/s^2$ ؟

$V_f^2{=}V_0^2{+}2ax$

ا) $10m/s$ ✓ ج) $15m/s$

ب) $50m/s$ د) $12m/s$

16- احسب قوة احتكاك صندوق كتلته $15Kg$ وعامل احتكاكه 0.3 أثناء دفعه على سطح أفقي؟ $f_k{=}\mu_k F_n$

ا) $4.5N$ ج) $44.1N$ ✓

ب) $50N$ د) $15.3N$

17- المساحة تحت منحنى السرعة والزمن تعطي ؟

ا) الازاحة ✓ ج) التسارع

ب) السرعة د) القوة

18- الوعل التبتي هو أسرع الحيوانات حيث تبلغ سرعته $100Km/h$ ، احسب المسافة التي يقطعها خلال 10 ثوان؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0{=}0m/s$ ، $a_{\text{الوعل}}{=}6m/s^2$ ، $t{=}10s$

التطبيق:

(زمن التسارع) $v_x(t) = a_0 t + v_0$

$t{=}\frac{v}{a}{=}\frac{27.77}{6}{=}4.62s$

$x{=}\frac{1}{2}at^2{+}v_0t$

(المسافة أثناء التسارع) $x = 0.5 \times 6 \times 4.62^2 + 0$

${=}64.03m$

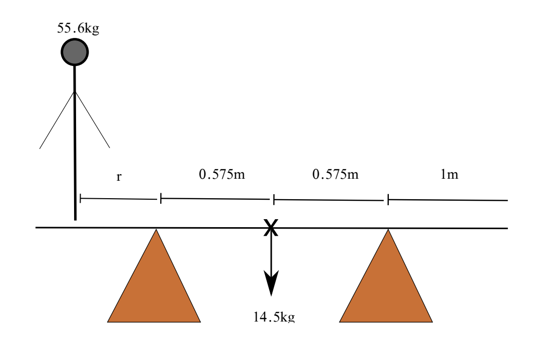
(المسافة بعد التسارع) $x = vt$

${=}27.77{\times}5.38{=}149.4m$

(المسافة الكلية) $x_{total} = 64.03 - 149.4 = 213.43m$

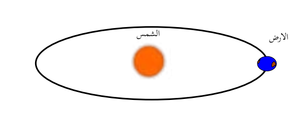
2

الحركة الدورانية



- الحركة الدائرية
- العزم
- التوازن

مقدمة



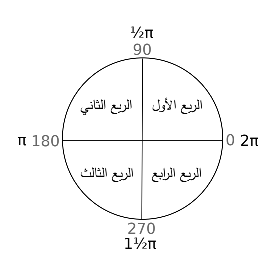
شكل 2.1: الشمس والارض

عندما يتحرك جسم في مدار دائري مثل حركة القمر حول الأرض أو حركة عقرب الساعة، فإننا نحتاج إلى وصف هذه الحركة بطريقة فيزيائية لدراستها والاستفادة منها، ولهذا يعمد العلماء إلى وصف هذه الحركة بطريقتين:
الاولى تصف حركة الجسم بدلالة الزاوية التي يقطعها الجسم حول المركز (الإزاحة الزاوية) ، وفي هذه الحالة نسمي حركة الجسم بالحركة الزاوية.
أما إذا وصفنا الحركة بدلالة الإزاحة التي يقطعها الجسم على محيط المسار الدائري فإننا نسمي حركة الجسم بالحركة الخطية.
وفي كلتا الطريقتين نحن نصف الحركة الدورانية، ولهذا فإننا نستطيع التحويل بين كميات الحركة الزاوية وكميات الحركة الخطية لنفس الجسم بإستخدام قوانين سهلة وبسيطة.

2.1 وصف الحركة الدورانية

2.1.1 الإزاحة الزاوية

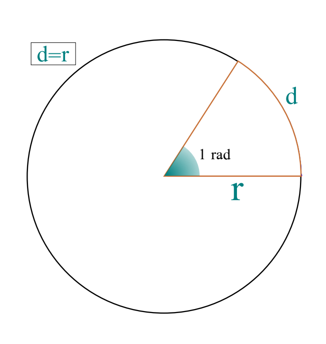
الإزاحة الزاوية هي الزاوية التي يقطعها الجسم أثناء حركته.



شكل 2.2: الزوايا

	Deg	Grad	Rad
الدائرة	360	400	2π
الوحدة الواحدة	$\frac{1}{360}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{2\pi}$
بالدرجات	1	0.9	$\simeq$57.3

جدول 2.1: وحدات الحركة الزاوية



شكل 2.3: الراديان

والراديان هو وحدة الزوايا في النظام الدولي للوحدات ولهذا فإننا نستخدمه كوحدة اساسية للإزاحة الزاوية، ونعرف الراديان بأنه $\frac{1}{2\pi}$ من الدورة الكاملة، وهندسيا هو الإزاحة الزاوية التي يساوي قوسها نصف قطر دائرتها.

$$\theta = 2\pi \times \text{عدد الدورات} \tag{2.1}$$

$$d = r\theta \tag{2.2}$$

حيث d المسافة ، r نصف قطر الدائرة ، θ الإزاحة الزاوية بوحدة راديان rad .

مثال 2.1.11 السؤال

إذا تحرك عقرب الساعات من الساعة 12 إلى الساعة 6 ، فاحسب المسافة القوسية التي يقطعها طرف العقرب، علما أن طول العقرب 10 سنتيمتر ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\theta=\pi$ ، $r=10cm=0.1m$

التطبيق:

$\because$ الدائرة$=2\pi rad$

$\therefore$ $\pi rad=(r)$نصف الدائرة

$d=r\theta$

$d=0.1\times\pi$

$d=0.314m$

النتيجة: المسافة التي قطعها طرف عقرب الساعات على محيط الساعة يساوي 0.314متر.

⋆ هدف وجداني

الطواف حول الكعبة في مكة المكرمة يكون عكس عقارب الساعة، أي إشارته موجبة.

2.1.2 السرعة الزاوية

السرعة الزاوية هي معدل الإزاحة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.

تدور المروحة حول محورها، وأثناء دورانها تقطع كل ريشة منها إزاحة زاوية، تبدأ من صفر، وحين تتم دورة كاملة نقول إنها قطعت 2π ، وإذا أتمت دورتين تكون الازاحة الزاوية 4π و وهكذا، لنفرض أنها انجزت دورتين خلال دقيقة، إذاً ستكون السرعة الزاوية $4\pi rad/min$. تستخدم السرعة الزاوية في معرفة معدل دوران محركات السيارات، الطائرات، مولدات الكهرباء وغيرها من الأجهزة والآلات.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

$$v = r\omega \quad (2.4)$$

حيث v السرعة الخطية m/x ، r نصف قطر الدائرة m ، ω السرعة الزاوية rad/s .

مثال 2.1.12 السؤال

مروحة نصف قطرها 1.2 متر، دارت إزاحة زاوية مقدارها 6 راديان خلال ثانيتين، أوجد السرعة الزاوية والسرعة الخطية لطرفها الخارجي؟

الحل

تعيين المعطيات: r=1.2m ، θ=6rad ، t=2s

التطبيق:

(السرعة الزاوية) $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

$\omega=\frac{6}{2}=3rad/s$

(السرعة الخطية) $v = r\omega$

$v=1.2\times3$

$v=3.6m/s$

النتيجة: السرعة الزاوية للمروحة 3 راديان/ثانية، والسرعة الخطية لها 3.6متر/ثانية.

2.1.3 التسارع الزاوي

التسارع الزاوي هو معدل السرعة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.

التسارع هو تغير في السرعة إما بالزيادة $+\alpha$ أو النقصان $-\alpha$ ، أما إذا كانت السرعة ثابتة عند قيمة معينة فإن التسارع يكون صفر.

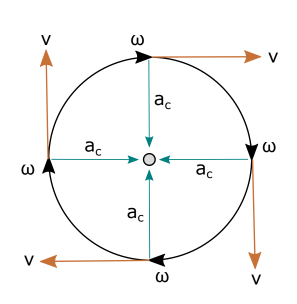
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad (2.5)$$

$$a = r\alpha \quad (2.6)$$

$$a_c=\frac{v^2}{r}$$

$$a_c=\omega^2 r$$

حيث a التسارع الخطي، r نصف قطر الدائرة ، α التسارع الزاوي.



شكل 2.4: اتجاه التسارع الزاوي

حيث التسارع الخطي بوحدة mls^2، والتسارع الزاوي بوحدة rad/s^2، ونصف القطر بوحدة m.

مثال 2.1.13 السؤال

من المثال السابق ، احسب التسارع الزاوي والتسارع الخطي؟

الحل

تعيين المعطيات: r=1.2m ، θ=6rad ، t=2s

التطبيق:

(التسارع الزاوي) $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

α=$\frac{3}{2}$=1.5rad/s^2

(التسارع الخطي) $a = r\alpha$

a=1.5×3

a=4.5m/s^2

النتيجة: التسارع الزاوية للمروحة 1.5 راديان/ثانية مربعة، وتسارعها الخطي 4.5متر/ثانية مربعة.

2.1.3.1 معادلات الحركة الزاوية

معادلات الحركة الزاوية هي معادلات متعلقة بالحركة الزاوية، وتتعامل مع اربع متغيرات هي الازاحة الزاوية والزمن والسرعة الزاوية والتسارع الزاوي، والبعض يعتبرها ثلاث معادلات والبعض يعتبرها اربع وبعضهم يقول انها خمس، لكن الحقيقة أنها جميعا مشتقة من معادلتين، ومنهما يمكننا اشتقاق الثالثة والرابعة و...، واختيار القانون المناسب يتوقف على المعطيات والمجهول في السؤال.[13]

$$\omega(t) = \alpha_0 t + \omega_0 \tag{2.7}$$

مثال 2.1.14 السؤال

تتحرك بكرة من السكون، بتسارع ثابت 2.6rad/s^2، بعد زمن 6s احسب السرعة الزاوية ؟

الحل

تعيين المعطيات: ω_0=0 ، α=2.6m/s^2 ، t=6s

التطبيق:

$\omega(t)$=$\alpha_0 t$+ω_0

=(2.6×6)+0

=15.6rad/s

النتيجة: السرعة الزاوية للبكرة تساوي 1.56 راديان/ثانية.

$$\Delta\theta(t) = \frac{1}{2}\alpha t^2 + \omega_0 t \tag{2.8}$$

مثال 2.1.15 السؤال

من المثال السابق:
احسب الازاحة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال نفس الزمن ؟ احسب عدد الدورات ؟

الحل

تعيين المعطيات: ω_0=0 ، α=2.6m/s^2 ، t=6s

التطبيق:

$\Delta\theta$=$\frac{1}{2}\alpha t^2$+$\omega_0 t$

=($\frac{1}{2}$×2.6×6^2)+(0×6)

=46.8+0=46.8rad

$rev's$=$\frac{\Delta\theta}{2\pi}$

=$\frac{46.8}{2\pi}$=7.4rev

النتيجة: الازاحة الزاوية للجسم 46.8 راديان، وعدد الدورات 7.4دورة.

2.1.4 العزم

العزم هو مقدرة القوة على إحداث دوران حول محور.

العوامل المؤثرة في العزم:

1) القوة المؤثرة　2) ذراع العزم　3) زاوية القوة

شكل 2.5: العزم

⋆ طرفة علمية

اخترع ارخميدس رافعة ضخمة لها ذراع طويلة على شاطيء بلده مالطا، مما ينتج عزما يقلب سفن الأعداء عند رسوها على الشاطيء.

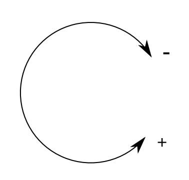
$$\tau = Fr \times sin\theta \quad (2.9)$$

حيث τ العزم وتنطق تاو ، F المركبة العمودية للقوة على ذراع العزم ، r طول ذراع العزم، θ الزاوية بين اتجاه القوة وذراع العزم.



شكل 2.6: $\tau{=}FrSin\theta$

شكل 2.7: $\tau{=}FrCos\theta$



شكل 2.8: اشارة العزم

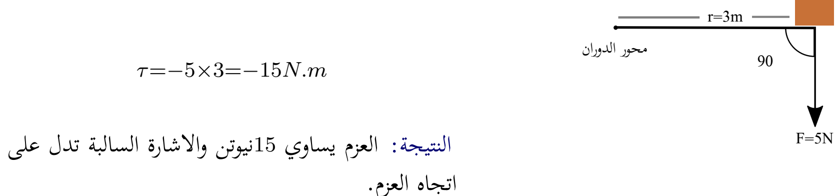
حيث وحدة العزم $N.m$ ، وحدة القوة نيوتن N ، وحدة طول ذراع العزم المتر m ، وتكون إشارة القوة + إذا كانت ذراع العزم تتحرك عكس عقارب الساعة، وتكون - إذا كانت الذراع تتحرك مع عقارب الساعة.

مثال 2.1.16 السؤال

أثرنا بقوة مقدارها 5 نيوتن بشكل عمودي على عتلة طولها 3 امتار، فاحسب العزم إذا كان تأثير القوة باتجاه عقارب الساعة؟

الحل

تعيين المعطيات: $F{=}-5N$ ، $r{=}3m$



التطبيق:

$$\because sin90{=}1$$

$$\therefore \tau{=}Fr$$

$$\tau{=}-5{\times}3{=}-15N.m$$

النتيجة: العزم يساوي 15نيوتن والاشارة السالبة تدل على اتجاه العزم.

والامثلة على العزم كثيرة، من مفكات البراغي والصواميل، إلى رافعة السيارة، والزرادية ✂، مروراً بفك الفم السفلي الذي يتحرك مسبحا الله واليد التي ترفع المصحف.

2.1.5 محصلة العزوم

عند وجود جسم متزن تؤثر عليه أكثر من قوة، نقوم بجمع العزوم جمع جبري مع مراعاة الإشارة (مع عقارب الساعة سالب، عكس عقارب الساعة موجب).

$$\sum\tau{=}\tau_1{+}\tau_2{+}....{=}0$$

مثال 2.1.17 السؤال

يجلس عمرو (كتلته 50 كيلوجرام) وزيد (كتلته 60 كيلوجرام) عكسها على أرجوحة في وضع إتزان، فإذا كان بعد زيد عن نقطة الإرتكاز 3 أمتار، فما بعد عمرو عنها؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_1=50Kg$ ، $m_2=60Kg$ ، $r_{\text{زيد}}=3m$

60kg 50kg
3m ?

$$\tau_1+\tau_2=0$$

$$F_{\text{زيد}}\times r_{\text{زيد}}-F_{\text{عمرو}}\times r_{\text{عمرو}}=0$$

$$60\times\cancel{9.8}\times 3=50\times\cancel{9.8}\times r_{\text{عمرو}}$$

$$180=50r_{\text{عمرو}}$$

$$r_{\text{عمرو}}=\frac{180}{50}=3.6m$$

التطبيق: سنعتبر أن عمرو يؤثر مع عقارب الساعة وزيد النتيجة: بعد عمرو عن نقطة الأرتكاز يساوي 3.6متر.

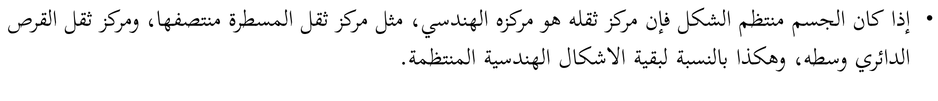


شكل 2.9: التوازن[11]

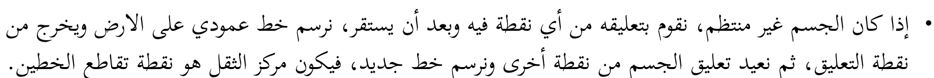
2.2 الاتزان

2.2.1 مركز الكتلة

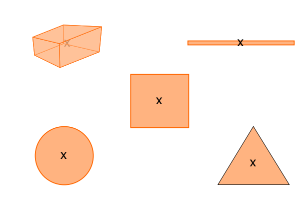
يعرف مركز الكتلة بأنه نقطة على الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التي يتحرك بها الجسيم االنقطي، ونستطيع القول أن مركز الكتلة قد يكون نقطة خارج الجسم مثل حدوة الفرس، والحلقة المعدنية لكن غالبا ما يكون مركز الثقل نقطة على الجسم. التوازن ونستطيع تحديد مركز الثقل بطريقتين:



- إذا كان الجسم منتظم الشكل فإن مركز ثقله هو مركزه الهندسي، مثل مركز ثقل المسطرة منتصفها، ومركز ثقل القرص الدائري وسطه، وهكذا بالنسبة لبقية الاشكال الهندسية المنتظمة.



- إذا كان الجسم غير منتظم، نقوم بتعليقه من أي نقطة فيه وبعد أن يستقر، نرسم خط عمودي على الارض ويخرج من نقطة التعليق، ثم نعيد تعليق الجسم من نقطة أخرى ونرسم خط جديد، فيكون مركز الثقل هو نقطة تقاطع الخطين.



شكل 2.10: مركز الكتلة

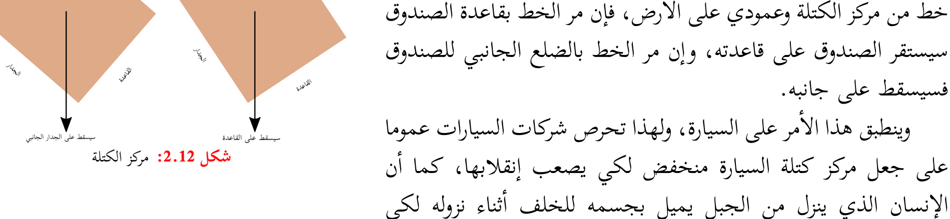
إذا كان الجسم مرن وغير جامد وليس له شكل ثابت مثل جسم الإنسان فإن مركز ثقله يتغير بتغير شكله أثناء الحركة، لكن بالعموم مركز كتلة الإنسان يقع في الجزء العلوي من جسمه، ولهذا فإن الإنسان الذي يسقط من مكان مرتفع جدا ، يستدير جسمه تلقائيا بحيث يصبح الرأس للأسفل والأرجل للأعلى.

مركز الكتلة

شكل 2.11: حدوة الفرس

2.2.2 مركز الكتلة والثبات

حين نجعل مركز كتلة جسم ما على نقطة ارتكاز فإنه يستقر بغض النظر عن شكل هذا الجسم، ولكن قد نحتاج إلى فائدة أعمق قليلا، وهي دراسة استقرار الأجسام المتحركة سواء كانت الحركة حركة بسيطة موضعية مثل تحريك صندوق، أو حركة انتقالية مثل حركة السيارة.



شكل 2.12: مركز الكتلة

مثلا لو كان لدينا صندوق وأملناه بحيث يرتكز على إحدى زواياه، فهل سيعود لوضعه السابق ويستقر أم يسقط على جانبه؟ ببساطه نسقط خط من مركز الكتلة وعمودي على الارض، فإن مر الخط بقاعدة الصندوق سيستقر الصندوق على قاعدته، وإن مر الخط بالضلع الجانبي للصندوق فسيسقط على جانبه.

وينطبق هذا الأمر على السيارة، ولهذا تحرص شركات السيارات عموما على جعل مركز كتلة السيارة منخفض لكي يصعب إنقلابها، كما أن الإنسان الذي ينزل من الجبل يميل بجسمه للخلف أثناء نزوله لكي يجعل مركز ثقله ماراً بقدميه، فإن اخطأ ومال بجسمه للأمام سيمر مركز ثقله أبعد من قدميه وعندها سيبدأ بالتدحرج والسقوط.

2.2.3 شرطا الإتزان

يوجد شرطان للإتزان:

-أن يكون الجسم في حالة إتزان إنتقالي (ساكن أو سرعته منتظمة).

$\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + ... = 0$

-أن يكون الجسم في حالة إتزان دوراني.

$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + ... = 0$

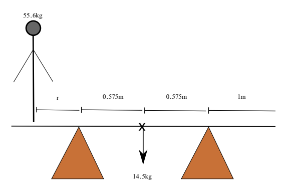
ويمكن أن يكون الجسم متزن انتقاليا لكن غير متزن دورانيا مثل مروحة السقف حيث أنها ثابتة في مكانها (متزنة انتقاليا) لكنها تدور حول نفسها (عدم اتزان دوراني)، أو مثل حركة مقود السيارة بتأثر اليدين معا. ويمكن أن يكون الجسم متزن دوراني وغير متزن انتقالي مثل سيارة تتسارع في خط مستقيم، حيث أن سرعتها غير منتظمة (غير ثابتة) لكنها لا تدور حول نفسها (متزنة دورانيا)، ويمكن أن تكون غير متزنة دورانيا وغير متزنة انتقاليا مثل كرة تقذف بشكل مبروم حيث تنطلق بتسارع (غير متزنة انتقاليا) وتدور حول نفسها (غير متزنة دورانيا) .

مثال 2.2.18 السؤال

يقف رجل كتلته $55.6kg$ على لوح خشبي متزن وكتلته $14.5kg$ وطوله $3.15m$، ومحمول على قاعدتين تبعد كل منهما $1m$ عن طرفي اللوح، احسب بعد الرجل عن طرف اللوح ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_{\text{الرجل}} = 55.6Kg$ ، $m_{\text{اللوح}} = 14.5Kg$ ، $r_{\text{مركز اللوح}} = 0.575m$



التطبيق: نعتبر القاعدة القريبة من الرجل هي محور الدوران

$$\sum \tau = 0 = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + ...$$

$$14.5 \times 0.575 = 55.6 \times r$$

$$r = \frac{14.5 \times 0.575}{55.6} = 0.15m$$

النتيجة: الرجل يبعد 0.15 متر عن طرف اللوح.

2.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- ساعة مكة هي أكبر ساعة برج في العالم، ويبلغ طول عقرب الدقائق 22 متر، أوجد السرعة الزاوية والسرعة الخطية للعقرب على محيط الساعة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=22m$ ، $\Delta\theta=2\pi$ ، $t=1h=3600s$

التطبيق:

$$\omega=\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\omega=\frac{2\pi}{3600}=0.00174rad/s$$

السرعة الخطية:

$$v=r\omega$$

$$v=0.00174\times22$$

$$v=0.038m/s$$

2- يتعلق طفل صغير كتلته 20 كيلوجرام بكامل ثقله بأكره الباب لكي يستطيع فتحه، احسب العزم الذي يؤثر به الطفل على طرف الأكره علما أن طول الأكره عشر سنتمترات؟



الحل

تعيين المعطيات: $m=20Kg$ ، $r=10cm=0.1m$

التطبيق:

$$\tau=Fr$$

$$=-20\times9.8\times0.1=-19.6N.m$$

3- احسب الإزاحة الزاوية التي يتمها القمر حول الأرض خلال شهر قمري كامل؟

الحل

تعيين المعطيات: عدد الدورات = 30

التطبيق:

$$\theta=2\pi\times \text{عدد الدورات}$$

$$=2\pi\times30=188.49rad$$

4- إذا علمت أن نصف قطر مدار القمر حول الأرض يساوي 384×10^6m ، احسب المسافة الخطية المقطوعة في الشهر؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=384\times10^6m$

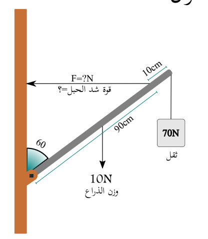
التطبيق:

$$d=r\theta$$

$$=384\times10^6\times188.49$$

$$=72.382\times10^9m$$

5- احسب قوة الشد في الحبل الموضح بالشكل ، إذا كان الذراع في حالة اتزان ؟



الحل

تعيين المعطيات: $\theta=60^\circ$

التطبيق:

$$\tau_1+\tau_2+\tau_3=0$$

$$F\times0.9\times sin30-10\times0.5\times sin60-70\times1\times sin60=0$$

$$F\times0.9\times sin30=4.33+60.62$$

$$F=\frac{64.96}{0.779}=83.38N$$

6- وحدة العزم هي:

ا) N — ج) N/m^2

ب) N/m — د) $N.m$ ✓

7- الإزاحة الزاوية في كل دورة كاملة تساوي:

ا) π — ج) 3π

ب) 2π ✓ — د) 4π

8- مركز كتلة المربع يوجد في:

ا) نقطة تقاطع قطريه. ✓ — ج) الركن العلوي الأيسر.

ب) الركن العلوي الأيمن. — د) منتصف قاعدته.

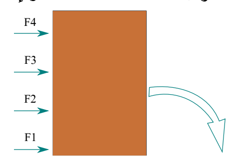
9- يكون الجسم الذي تؤثر عليه قوتين، في حالة اتزان إذا كانت :

ا) محصلة العزم ومحصلة القوة = صفر ✓ — ج) محصلة العزم تساوي صفر ومحصلة القوة لا تساوي صفر

ب) محصلة القوة صفر ومحصلة العزم لا تساوي صفر — د) محصلة القوة ومحصلة العزم لا تساوي صفر

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

10- أي القوى (المتساوية) التالية تحدث أكبر إمالة للجسم:



ا) F_1 ج) F_3

ب) F_2 د) F_4 ✓

11- إذا كانت الأرض تتم دورة واحدة خلال يوم، كم الإزاحة الزاوية التي تتمها خلال نصف يوم ؟

ا) $\frac{\pi}{2}$ ج) $\frac{3\pi}{2}$

ب) π ✓ د) 2π

12- جسم كتلته $5Kg$ يسير في مدار دائري بسرعة منتظمة، إذا كان يتم دورته في $4s$ ، فاحسب سرعته الزاوية ؟

ا) $\frac{\pi}{4}$ ج) $\frac{\pi}{2}$ ✓

ب) $\frac{3\pi}{2}$ د) 2π

13- إذا كان العزم يساوي $60N.m$ وطول ذراع القوة $0.6m$ ، احسب القوة العمودية المؤثرة على الذراع ؟

ا) $36N$ ج) $100N$ ✓

ب) $60.6N$ د) $124N$

14- جسم يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها $0.5m$ بسرعة $50m/s$ ، احسب سرعته الزاوية ؟

ا) $500rad/s$ ✓ ج) $50.5rad/s$

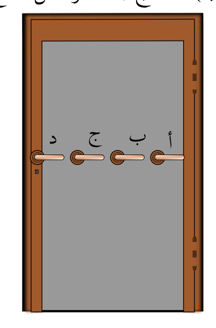
ب) $25rad/s$ د) $49.5rad/s$

15- جسم يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها $2m$ بتسارع مركزي $8m/s^2$ ، احسب سرعته الخطية ؟ $a_c=\frac{v^2}{r}$

ا) $4m/s$ ✓ ج) $10m/s$

ب) $16m/s$ د) $6m/s$

16- أي أكره (يد الباب) تحتاج بذل قوة أقل لفتح الباب ؟ $\tau=Fr$



ا) أ ج) ج

ب) ب د) د ✓

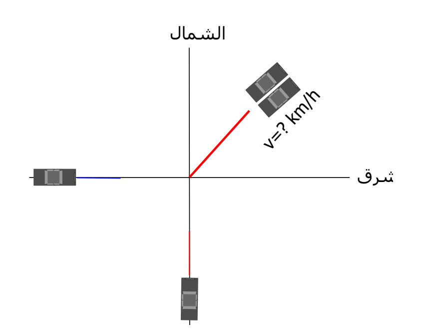
17- إذا كانت الازاحة الزاوية للمروحة $30\pi rad$ فهذا يعني أنها أتمت .... دورة ؟

ا) 30 ج) 1

ب) 15 ✓ د) 6.5

3

الزخم وحفظه



- الدفع
- الزخم
- التصادم في بعد وبعدين

مقدمة

3.1 الدفع والزخم

3.1.1 الدفع

الدفع هو حاصل ضرب القوة المؤثرة على الجسم في زمن تأثيرها.

$$J = F\Delta t = m\Delta v \quad (3.1)$$

حيث Δv التغير في سرعة الجسم، m كتلة الجسم، F القوة المؤثرة، t زمن التأثير، و J هو الدفع.

ويكتب بصيغة متقدمة على الشكل التالي: $J_x = \int_{t1}^{t2} F_x(t)dt$

إن الدفع والزخم لهما نفس الوحدة $Kg.m/s = N.s$.

مثال 3.1.19 السؤال

1- أثرنا بقوة مقدارها 100 نيوتن على سيارة لمدة 5 ثوان، فتحركت لمسافة 725 متر أوجد الدفع المبذول؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=100N$ ، $t=5s$

t=5s F=100N 725m

التطبيق:

$$J = F\Delta t$$

$$= 100 \times 5 = 500 N.s$$

النتيجة: الدفع المبذول 500 نيوتن.ثانية.

2- سيارة كتلتها 1000 كيلوجرام، وسرعتها 80كيلومتر/ساعة، احسب الدفع اللازم لكي تزيد سرعتها إلى 100 كيلومتر/ساعة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1000Kg$ ، $v_1=80km/h$، $v_2=100km/h$

التطبيق: تحويل السرعة من km/h إلى m/s

$$v_1 = \frac{80}{3.6} = 22.22 m/s$$

$$v_2 = \frac{100}{3.6} = 27.77 m/s$$

$$J = m\Delta v \quad \text{(الدفع)}$$

$$= m \times (v_2 - v_1)$$

$$= 1000 \times (27.77 - 22.22)$$

$$= 5550 N.s$$

النتيجة: الدفع اللازم لزيادة سرعة السيارة 5550 نيوتن.ثانية.

3.1.2 الزخم

الزخم هو حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.

$$p = mv \quad (3.2)$$

حيث v السرعة الخطية، m الكتلة ، p الزخم.

مثال 3.1.20 السؤال

تتحرك قذيفة مدفع كتلتها 4 كيلوجرام بسرعة 30 متر/ثانية، أحسب زخم القذيفة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=4kg$ ، $v=30m/s$

التطبيق:

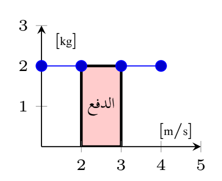
$$p = mv$$

$$= 4 \times 30 = 120 kg.m/s$$

النتيجة: زخم القذيفة 120كجم.متر/ثانية (نيوتن.ثانية).

3.1.3 العلاقة بين الدفع والزخم

نظرية الدفع - الزخم هي نظرية تربط بين الدفع والزخم، وتنص على أن الدفع يساوي الفرق بين الزخم النهائي والزخم الابتدائي (التغير في الزخم ΔP).



شكل 3.1: الدفع - الزخم

$$F\Delta t = p_f - p_i \tag{3.3}$$

$$F\Delta t = mv_f - mv_i$$

حيث p_i الزخم الابتدائي، p_f الزخم النهائي .

مثال 3.1.21 السؤال

زادت سرعة جسم كتلته $9kg$ من $20m/s$ إلى $50m/s$ وذلك خلال زمن مقداره $7s$ ، أوجد القوة المؤثرة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=9Kg$ ، $v_1=20m/s$ ، $v_2=50m/s$ ، $t=7s$

التطبيق:

$$F\Delta t = p_f - p_i$$

$$F\times 7 = (9\times 50) - (9\times 20)$$

$$F\times 7 = 450 - 180$$

$$F\times 7 = 270$$

$$F = \frac{270}{7} = 38.57N$$

النتيجة: القوة المؤثرة على الجسم تساوي 38.57 نيوتن.

3.2 حفظ الزخم

ينص قانون حفظ الزخم على أن زخم أي نظام معزول لا يتغير. أي بعد حدوث التصادم بين جسمين فإن المجموع الجبري للزخم قبل التصادم يساوي المجموع الجبري للزخم بعد التصادم، أي أننا يجب أن نراعي نوع الإشارة (+،-) على حسب الإتجاه.

ومعنى نظام معزول:

1) الكتلة ثابته داخل النظام، فلا تفقد ولا تكتسب $\sum m = constant$.

2) محصلة القوى الخارجية المؤثرة على النظام تساوي صفر $\sum F_{\text{الخارجية}} = 0$.

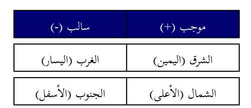
$$p_{ai} + p_{bi} = p_{af} + p_{bf} \tag{3.4}$$

$$(mv)_{ai} + (mv)_{bi} = (mv)_{af} + (mv)_{bf} \tag{3.5}$$

حيث a الجسم الأول، b الجسم الثاني.

3.2.1 التصادم في بعد واحد

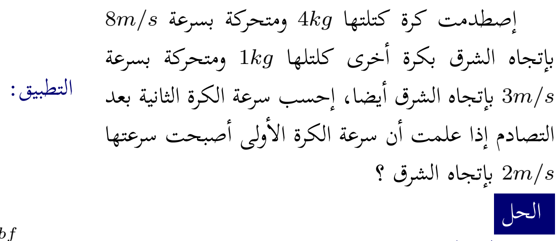
التصادم في بعد واحد يحدث عندما تكون الاجسام المتصادمة على خط عمل واحد بغض النظر عن كون الاجسام تتحرك بنفس الاتجاه أم باتجاهين متعاكسين، ولا يشترط أن تكون جميع الاجسام المشاركة في التصادم متحركة، فقد يكون بعضها ساكن قبل التصادم.



موجب (+)	سالب (-)
الشرق (اليمين)	الغرب (اليسار)
الشمال (الأعلى)	الجنوب (الأسفل)

جدول 3.1: إشارات الزخم

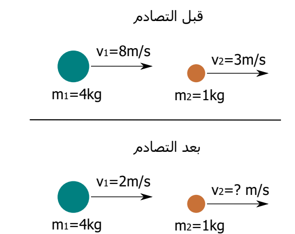
مثال 3.2.22 السؤال



إصطدمت كرة كتلتها $4kg$ ومتحركة بسرعة $8m/s$ بإتجاه الشرق بكرة أخرى كتلتها $1kg$ ومتحركة بسرعة $3m/s$ بإتجاه الشرق أيضا، إحسب سرعة الكرة الثانية بعد التصادم إذا علمت أن سرعة الكرة الأولى أصبحت سرعتها $2m/s$ بإتجاه الشرق ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_a=4kg$ ، $v_{ai}=8m/s$ ، $m_b=1Kg$ ، $v_{bi}=3m/s$ ، $v_{af}=2m/s$



التطبيق:

$$p_{ai}+p_{bi}=p_{af}+p_{bf}$$

$$(mv)_{ai}+(mv)_{bi}=(mv)_{af}+(mv)_{bf}$$

$$(4\times8)+(1\times3)=(4\times2)+(1\times v_b)$$

$$32+3=8+v_b$$

$$v_b=35-8=27m/s$$

النتيجة: حيث أن السرعة موجبة، إذاً الكرة الثانية تتحرك بإتجاه الشرق بسرعة 27 متر/ثانية.

3.2.2 التصادم في بعدين

وهو تصادم يحدث نتيجة إصطدام جسمين أو أكثر ولا يتحركان على خط عمل واحد، أي توجد زاوية أكبر من صفر بين خطي عمل الجسمين قبل التصادم.

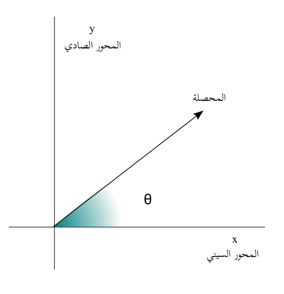
ولحساب محصلة الزخم لقوتين ليستا على خط عمل واحد، نتبع الخطوات التالية:

1- نحسب مركبة الزخم على المحور السيني (x) : $p_{xi}=(mv)_a+(mv)_b$

2- نحسب مركبة الزخم على المحور الصادي (y) : $p_{yi}=(mv)_a+(mv)_b$

3- نحسب محصلة الزخم: $p_f=\sqrt{p_x^2+p_y^2}$

4- نحسب زاوية محصلة الزخم (عادة المحصورة بين المحصلة والمحور السيني إلا إذا طلب غير ذلك) بواحد من ثلاث طرق:



شكل 3.2: زاوية محصلة الزخم

بين المحصلة والمحور الصادي	بين المحصلة والمحور السيني
$\theta=tan^{-1}(\frac{px}{py})$	$\theta=tan^{-1}(\frac{py}{px})$
$\theta=cos^{-1}(\frac{py}{pf})$	$\theta=cos^{-1}(\frac{px}{pf})$
$\theta=sin^{-1}(\frac{px}{pf})$	$\theta=sin^{-1}(\frac{py}{pf})$

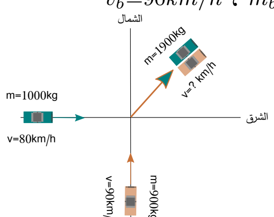
جدول 3.2: زاوية محصلة التصادم

مثال 3.2.23 السؤال

سيارة كتلتها $1000kg$ وسرعتها $80km/h$ بإتجاه الشرق، إصطدمت بسيارة أخرى كتلتها $900kg$ وسرعتها $90km/h$ بإتجاه الشمال، فالتصقتا معا، وسارا لمسافة معينة، أوجد سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_a=1000Kg$ ، $v_a=80km/h$ ، $m_b=900Kg$ ، $v_b=90km/h$



التطبيق:

أولا نحسب محصلة الزخم في اتجاه المحور x (شرق-غرب):

$$p_{xi}=(mv)_a+(mv)_b$$

$$=(1000\times22.22)+(900\times0)$$

$$=22220kg.m/s$$

ثانيا نحسب محصلة الزخم في اتجاه المحور y (شمال-جنوب):

$$p_{yi}=(mv)_a+(mv)_b$$

$$=(1000\times0)+(900\times25)$$

$$=22500kg.m/s$$

ثالثا نحسب محصلة الزخمين:

$$p_f=\sqrt{p_x^2+p_y^2}$$

$$=\sqrt{(22220)^2+(22500)^2}$$

$$=31622.43kg.m/s$$

رابعا نحسب زاوية المحصلة:

$$\theta=tan^{-1}(\frac{py}{px})$$

$$\theta=tan^{-1}(\frac{22500}{22220})$$

$$=45.35^{\circ}$$

$\because$ محصلة الزخم في اتجاه x و y موجبة $\Leftarrow$ السياراتين في الربع الأول بعد التصادم.

خامسا نحسب سرعة الجسمين بعد التصادم:

$$p_f=v_f\times(m_a+m_b)$$

$$\therefore v_f=\frac{p_f}{(m_a+m_b)}$$

$$v_f=\frac{31622.43}{(1000+900)}$$

$$=16.64m/s$$

النتيجة: سرعة السيارتين بعد التصادم 16.64متر/ثانية.

	px	py
الربع الأول	+	+
الربع الثاني	-	+
الربع الثالث	-	-
الربع الرابع	+	-

جدول 3.3: إشارات الموقع بعد التصادم

	الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
1	الدفع	J	نيوتن.ثانية	$N.s$
2	الزخم	P	نيوتن.ثانية	$N.s$

جدول 3.4: وحدات الزخم وحفظه

3.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- شاحنة كتلتها 5 طن وتسير بسرعة مقدارها 60 كيلومتر/ساعة، خرجت عن مسارها واصطدمت بجدار، أحسب زخم الشاحنة لحظة الاصطدام؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=5000Kg$ ، $v=60km/h$

التطبيق:

$$p=mv=5000\times(\frac{60}{3.6})$$

$$=83333.33Kg.m/s$$

2- وحدة الدفع هي:

ا) N ج) J

ب) $N.s$ ✓ د) $J.s$

3- إن زخم أي نظام معزول لا يتغير:

ا) صحيح ✓ ب) خطأ

4- رجل كتلته $75kg$ ينطلق من السكون بتسارع $1m/s^2$ لمسافة 8 أمتار، ثم يقفز وهو مندفع، على عربة صغيرة كتلتها $25kg$، احسب سرعتهما مع تجاهل الاحتكاك ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_1=75Kg$ ، $v_0=0$ ، $a=1m/s^2$ ، $x=8m$ ، $m_2=25Kg$

التطبيق:

السرعة $v_f^2=v_i^2+2ax$

$$v_f=\sqrt{0+2\times1\times8}=4m/s$$

الزخم قبل $P_i=m_1v_1+m_2v_2$

$$=75\times4+0=300N.s$$

الزخم بعد $P_f=P_i=m_1v_1^{'}+m_2v_2^{'}$

$$300=v_f(m_1+m_2)=100v_f$$

$$v_f=\frac{300}{100}=3m/s$$

5- اسرع ركلة كرة قدم مسجلة، قام بها روني هيبرسون في مباراة لشبونة ونافال عام 2006م، وكانت سرعتها $292.61km/h$، وكتلتها $440grams$ ، أحسب القوة التي أثرت بها قدم اللاعب على الكرة لمدة $0.007s$، ومقدار الزخم الكلي؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_1=0$ ، $v_2=292.61km/h$ ، $m=440g=$ $0.44Kg$ ، $t=0.007s$

التطبيق:

القوة $Ft=m_2v_2^{'}-m_1v_1^{'}$

$$F\times0.007=(0.44\times81.28)-0$$

$$F=\frac{35.76}{0.007}=5109N$$

الزخم $p=mv$

$$=0.44\times81.28=35.76Kg.m/s$$

6- سيارة كتلتها $800kg$ وسرعتها $50km/h$ بإتجاه الشرق، إصطدمت بسيارة أخرى كتلتها $750kg$ وسرعتها $74km/h$ بإتجاه الشمال، فالتصقتا معا، وسارتا لمسافة معينة، أوجد سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_a=800Kg$ ، $v_a=55km/h$ ، $m_b=750Kg$ ، $v_b=74km/h$

التطبيق:

محصلة الزخم في اتجاه المحور x :

$$p_{xi}=(800\times15.27)+(750\times0)$$

$$=12216kg.m/s$$

محصلة الزخم في اتجاه المحور y :

$$p_{yi}=(800\times0)+(750\times20.55)$$

$$=15412.5kg.m/s$$

محصلة الزخمين:

$$p_f=\sqrt{(12216)^2+(15412)^2}$$

$$=19666.22kg.m/s$$

زاوية المحصلة:

$$\theta=tan^{-1}(\frac{15412}{12216})$$

$$=51.59^\circ$$

7- الزخم يساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في :

ا) سرعته الزاوية ج) تسارعه الزاوي

ب) سرعته المتجهة ✓ د) ازاحته الزاوية

8- جسم كتلته $50Kg$ وزخمه $250Kg.m/s$ ، احسب سرعته؟

$p=mv$

ا) $5m/s$ ✓ ج) $250m/s$

ب) $300m/s$ د) $20m/s$

9- إذا كانت كتلة جسمين متساوية، وسرعة الأول ضعف سرعة الثاني، فإن :

ا) $\tau_1=\tau_2$ ج) $\tau_1>\tau_2$ ✓

ب) $\tau_1<\tau_2$ د) $\tau_1\leqslant\tau_2$

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

10- إذا اصطدم جسمان مختلفان في الكتلة والسرعة، ثم التحما ببعضهما بعد التصادم، فإن سرعتهما بعد التصادم ؟

ا) $v_1 = v_2$ ✓

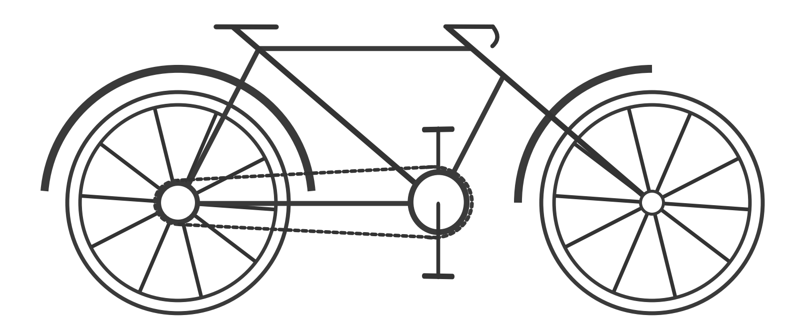
ب) $v_1 < v_2$

ج) $v_1 > v_2$

د) $v_1 \leq v_2$

4

الشغل والطاقة



- الشغل والقدرة
- نظرية الشغل والطاقة
- الفائدة الميكانيكية

مقدمة

4.1 الشغل والقدرة

4.1.1 الشغل

الشغل هو حاصل ضرب القوة في الإزاحة التي تحدثها القوة.

يجب ملاحظة أن القوة المؤثرة هي القوة في اتجاه الحركة، وعند وجود زاوية بين اتجاه القوة واتجاه الحركة، فإننا نأخذ مركبة القوة التي في اتجاه القوة، اما القوة (أو مركبة القوة) العمودية على إتجاه الحركة فإنها تؤثر على اتجاه الحركة وليس على سرعتها.

$$W = Fd \tag{4.1}$$

حيث W الشغل جول J ، F القوة نيوتن N ، d الازاحة متر m.

مثال 4.1.24 السؤال

1- أثرنا بقوة مقدارها $10N$ على عربة صغيرة، فسببت لها ازاحة $5m$، احسب الشغل المبذول على العربة؟

الحل

تعيين المعطيات: $d{=}5m$ ، $F{=}10N$

التطبيق:

$$W{=}Fd$$

$$={10}{\times}{5}{=}50J$$

النتيجة: الشغل المبذول على العربة 50 جول.

2- رجل يجر خلفه حقيبة سفر بعجلات بقوة مقدارها $20N$، عن طريق ذراع الحقيبة الذي يرتفع عن الافق بزاوية 35 درجة، احسب الشغل الذي بذله الرجل لسحب الحقيبة لمسافة 8 امتار؟

الحل

تعيين المعطيات: لأن القوة تؤثر بزاوية 35 درجة مع اتجاه الحركة، فإننا يجب أن نأخذ مركبتها الافقية وليس القوة بالكامل.

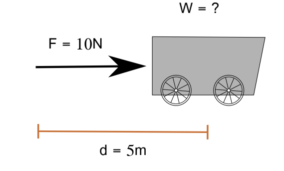
$d{=}8m$ ، $\theta{=}35^{\circ}$ ، $F{=}20N$

التطبيق:

$$W{=}Fd$$

$$={20}{\times}cos35{\times}8{=}131.06J$$

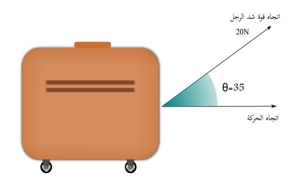
النتيجة: الشغل الذي يبذله الرجل 131.06 جول.



شكل 4.1: الشغل

4.1.2 الطاقة الحركية

الطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن حركة الجسم.



شكل 4.2: شغل الحقيبة

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \tag{4.2}$$

حيث KE الطاقة الحركية جول J ، m الكتلة كيلوجرام kg ، v السرعة متر/ثانية m/s.

مثال 4.1.25 السؤال

جسم كتلته $3kg$ ويسير بسرعة مقدارها $6m/s$، احسب طاقته الحركية؟

الحل

تعيين المعطيات: $v{=}6m/s$ ، $m{=}3kg$

التطبيق:

$$KE{=}\frac{1}{2}mv^2$$

$$=\frac{1}{2}{\times}3{\times}6^2{=}54J$$

النتيجة: الطاقة الحركية للجسم 54 جول.

شكل 4.3: الطاقة الحركية

4.1.3 نظرية الشغل الطاقة

تنص نظرية الشغل الطاقة على أن الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية.

$$W = \Delta KE \qquad (4.3)$$

$$W=\frac{1}{2}mv_f^2-\frac{1}{2}mv_i^2$$

حيث KE الطاقة الحركية جول J، m الكتلة كيلوجرام kg، v السرعة متر/ثانية m/s.

مثال 4.1.26 السؤال

سيارة كتلتها $1000kg$ تسير بسرعة $50km/h$، احسب الشغل اللازم لزيادة سرعتها إلى $90km/h$؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1000kg$ ، $v_i=50km/h=13.88m/s$ ، $v_f=90km/h=25m/s$

التطبيق:

$$W=\frac{1}{2}mv_f^2-\frac{1}{2}mv_i^2$$

$$W=\frac{1}{2}\times1000\times(25^2-13.88^2)$$

$$W=216172.8J$$

النتيجة: الشغل الذي يبذله محرك السيارة لزيادة سرعتها من 50 إلى 90 كم/ساعة يساوي 216 كيلو جول.

4.1.4 القدرة

القدرة هي الشغل المبذول مقسوما على زمن انجازه.

$$P = \frac{W}{t} \qquad (4.4)$$

$$P = Fv \qquad (4.5)$$

حيث W الشغل جول، P القدرة وات، t الزمن ثانية، F القوة نيوتن، v السرعة متر/ثانية.

مثال 4.1.27 السؤال

إحسب قدرة رجل بذل شغلا مقداره $50J$ لمدة 20 ثانية؟

الحل

تعيين المعطيات: $W=50J$، $t=20s$

التطبيق:

$$P=\frac{W}{t}$$

$$=\frac{50}{20}=2.5watt$$

النتيجة: القدرة تساوي 2.5 وات.

2- راكب دراجة هوائية يبذل قوة مقدارها $100N$ ليصل لسرعة $36km/h$، احسب قدرة هذا الرجل؟ لا تنس تحويل السرعة للنظام الدولي؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=100N$ ، $v=36km/h=10m/s$

التطبيق:

$$P=Fv$$

$$=100\times10=1000watt$$

النتيجة: القدرة تساوي 1000 وات.

⋆ ومضة

للتحويل من كم/ساعة إلى م/ث نقسم على 3.6

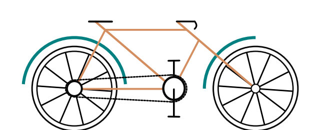
4.2 الآلات

4.2.1 الفائدة الميكانيكية

الفائدة الميكانيكية هي نسبة قوة المقاومة إلى القوة المبذولة.

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{F_{\text{الخرج}}}{F_{\text{الدخل}}} = \frac{v_{\text{الدخل}}}{v_{\text{الخرج}}} \qquad (4.6)$$

حيث MA الفائدة الميكانيكية بدون وحدة، F_r قوة المقاومة وحدتها نيوتن N ، F_e القوة المبذولة على الجسم وحدتها نيوتن N .



شكل 4.4: الفائدة الميكانيكية للدراجة تساوي سرعة الدواسة مقسوما على سرعة العجلة الخلفية.

4.2.2 الفائدة الميكانيكية المثالية

الفائدة الميكانيكية المثالية هي الفائدة الميكانيكية القصوى للآلة، وسميت مثالية لأنها غير موجودة في الطبيعة، وكل ما يتمناه صانع الآلة، أن تكون الفائدة الميكانيكية لآلته قريبة من الفائدة الميكانيكية المثالية لها.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{d_{\text{الدخل}}}{d_{\text{الخرج}}} \qquad (4.7)$$

حيث IMA الفائدة الميكانيكية المثالية بدون وحدة، d_e إزاحة القوة المبذولة، d_r إزاحة القوة المقاومة.

4.2.3 الكفاءة

الكفاءة هي مقياس لأداء الآلة أو النسبة المئوية للشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100 \qquad (4.8)$$

حيث e كفاءة الآلة ، W_i الشغل المبذول، W_o الشغل الناتج.

صيغ أخرى لقانون الكفاءة

$$e=\frac{MA}{IMA}\times 100 \qquad e=\frac{F_r d_r}{F_e d_e}\times 100$$

مثال 4.2.28 السؤال

أثرنا بقوة مقدارها $200N$ على رافعة، لرفع صندوق وزنه $1300N$ لمسافة $20cm$، احسب المسافة التي يجب علينا تحريك الرافعة إليها علما أن كفاءة الرافعة 90% ؟

الحل

تعيين المعطيات: $F_e=200N$ ، $F_r=1300N$ ، $d_r=$ $20cm=0.2m$

التطبيق:

$$e=\frac{F_r d_r}{F_e d_e}\times 100$$

$$90=\frac{1300\times 0.2}{200\times d_e}\times 100$$

$$d_e=\frac{1300\times 0.2\times 100}{90\times 200}$$

$$d_e=1.44m$$

النتيجة: يجب تحريك هذه الرافعة 1.44متر لكي نستطيع رفع الصندوق 0.2متر.

4.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الشغل اللازم بذله على سيارة كتلتها $1200kg$ لكي تزيد سرعتها من $60km/h$ إلى $80km/h$ مع تجاهل الاحتكاك ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1200Kg$ ، $v_i=60km/h$ ، $v_f=80km/h$

التطبيق:

$$W=\frac{1}{2}mv_f^2-\frac{1}{2}mv_i^2$$
$$=0.5\times1200\times((\frac{80}{3.6})^2-(\frac{60}{3.6})^2)$$
$$=0.5\times1200\times((22.222)^2-(16.666)^2)$$
$$=129637.03J$$

2- يقوم قارب بجر متزلج بسرعة $20km/h$ وقوة جر $F=450N$ ، احسب القدرة المؤثرة على المتزلج؟

الحل

تعيين المعطيات: $v=20km/h$ ، $F=450N$

التطبيق:

$$P=Fv$$
$$=450\times\frac{20}{3.6}=2500Watt$$

3- تقوم سيارة بسحب أخرى متعطلة على طريق مستوي، فإذا كانت تبذل شغل مقداره $2500J$ لمدة $10min$ ، احسب القدرة المؤثرة على السيارة؟

الحل

تعيين المعطيات: $W=2500J$ ، $t=10min=600s$

التطبيق:

$$P=\frac{W}{t}$$
$$=\frac{2500}{600}=4.16Watt$$

4- منظومة بكرات رفع (بلنقو) تحتاج لقوة مقدارها $10N$ لرفع جسم وزنه $75N$ ، احسب كفاءة الآلة له إذا كانت $IMA=9$؟

الحل

تعيين المعطيات: $F_e=10N$ ، $F_r=75N$ ، $IMA=9$

التطبيق: نحسب الفائدة الميكانيكية MA

$$MA=\frac{F_r}{F_e}$$
$$=\frac{75}{10}=7.5$$

ثم نحسب الكفاءة

$$e=\frac{MA}{IMA}\times100$$
$$=\frac{7.5}{9}\times100$$
$$=83.33\%$$

5- وحدة القدرة هي :

ا) $Watt$ ✓

ب) J

ج) N

د) ليس لها وحدة

6- الفائدة الميكانيكية المثالية تكون .... الفائدة الميكانيكية:

ا) $\leq$

ب) $\succ$

ج) $\geq$

د) $\prec$ ✓

7- جسم كتلته $2Kg$ وسرعته $1m/s$ ، احسب طاقته الحركية ؟

ا) $1J$ ✓

ب) $2J$

ج) $0.5J$

د) $3J$

8- جسم وزنه $3000N$ رفع إلى الأعلى مسافة $9m$ ، احسب قدرة الشغل المبذول لمدة $10s$ ؟

ا) $2700W$ ✓

ب) $0.03W$

ج) $3019W$

د) $270W$

9- لا يمكن أن تصل الكفاءة إلى 100% بسبب ؟

ا) طول الجسم

ب) الحرارة المفقودة ✓

ج) سعر الوقود

د) وزن الجسم

10- احسب الشغل المبذول لزيادة سرعة جسم كتلته $2Kg$ من سرعة $5m/s$ إلى $10m/s$ ؟ $W=0.5\times m\times(v_f^2-v_i^2)$

ا) $75J$ ✓

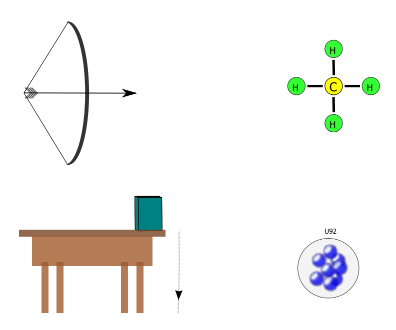
ب) $25J$

ج) $15J$

د) $5J$

5

الطاقة وحفظها



- الطاقة واشكالها
- قانون حفظ الطاقة
- التصادمات

مقدمة

5.1 الطاقة وأشكال الطاقة

الطاقة هي مقدرة الجسم على إحداث تغير في نفسه أو الاشياء المحيطة به.

أشكال الطاقة للطاقة اشكال كثيرة مثل الطاقة الميكانيكية (الحركية + الكامنة)، الطاقة الحرارية، الطاقة النووية، الطاقة الشمسية، الطاقة الكيميائية .... الخ.

5.1.1 الطاقة الحركية

الطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن حركة الجسم.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \tag{5.1}$$

حيث KE الطاقة الحركية جول J ، m الكتلة كيلوجرام kg ، v السرعة متر/ثانية m/s.

مثال 5.1.29 السؤال

احسب الطاقة الحركية لسيارة كتلتها $1200kg$ وتسير بسرعة مقدارها $110km/h$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m{=}1200Kg$ ، $v{=}110km/h$

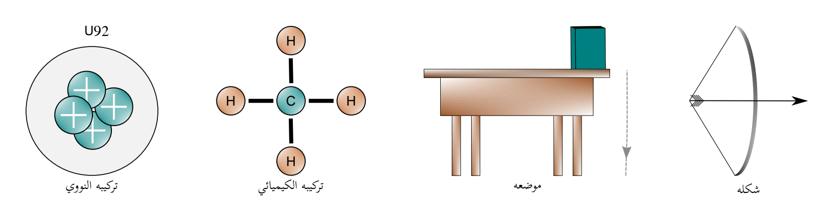
التطبيق:

$KE{=}\frac{1}{2}mv^2$

${=}\frac{1}{2}{\times}1200{\times}30.55^2{=}559981.5J$

النتيجة: الطاقة الحركية للسيارة تساوي 559 كيلوجول.

5.1.2 الطاقة المخزنة



شكل 5.1: طاقة الوضع

هي الطاقة المخزنة في النظام نتيجة تغير في شكله أو موضعه أو تركيبه الكيميائي أو النووي.

5.1.2.1 طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية

هي الطاقة المخزنة في النظام والناشئة عن قوة الجذب بين الأرض والجسم.

$$PE = mgh \tag{5.2}$$

حيث PE طاقة الوضع وحدتها جول J، m الكتلة وحدتها كيلوجرام kg ، g تسارع الجاذبية الارضية وحدته متر/ثانية مربعة m/s^2، hالارتفاع وحدته متر m .

مثال 5.1.30 السؤال

احسب طاقة الوضع الناشئة عن رفع جسم كتلته $4kg$ إلى ارتفاع $30m$ عن سطح الارض ؟

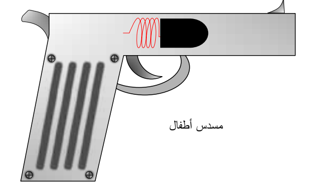
الحل

تعيين المعطيات: $m=4Kg$ ، $h=30m$

التطبيق: $PE=mgh$

$=4\times9.8\times30=1176J$

النتيجة: طاقة الوضع التي اكتسبها الجسم 1176 جول.



شكل 5.2: طاقة الوضع المرونية

5.1.2.2 طاقة الوضع المرونية

هي الطاقة المخزنة في النظام نتيجة تغير في شكل الأجسام المرنة، مثل انضغاط النابض في مسدس الاطفال، وعصا الزانة في رياضة القفز بالزانة، ووتر القوس في رياضة الرماية بالسهام.

5.1.2.3 طاقة الوضع السكونية

هي الطاقة التي تساوي كتلة الجسم مضروبة في مربع سرعة الضوء، ونقيسها بقانون اينشتاين لحساب طاقة الوضع.

$$E_0 = mc^2 \quad (5.3)$$

حيث E_0 طاقة الوضع السكونية وحدتها جول J، m الكتلة وحدتها كيلوجرام kg ، c سرعة الضوء وحدتها متر/ثانية m/s.

مثال 5.1.31 السؤال

احسب طاقة الوضع السكونية الناشئة عن تحويل $3kg$ من المادة إلى طاقة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=3Kg$ ، $c=3\times10^8m/s$

التطبيق: $E_0=mc^2$

$=3\times(3\times10^8)^2=2.7\times10^{17}J$

النتيجة: طاقة الوضع السكونية الناتجة عن عملية التحويل تساوي 2.7×10^{17} جول.

⋆ طرفة علمية

القريدس ذو المطرقة يصطاد فريسته بضرب كلابيه ببعضهما مولداً فقاعة بقطر 2 سم من بخار الماء الساخن.

5.1.3 قانون حفظ الطاقة

ينص قانون حفظ الطاقة على أنه في نظام معزول، الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر، أي أن المجموع الكلي للطاقة ثابت لا يتغير.

قانون حفظ الطاقة الميكانيكية ينص على أنه في نظام معزول، مجموع الطاقة الميكانيكية ثابت، إذا لم توجد اشكال أخرى من الطاقة.

أي أن مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع يبقى ثابت طالما كان النظام معزول، وكل زيادة في الطاقة الحركية يقابلها نقصان في طاقة الوضع، والعكس صحيح، فمثلا إذا كانت الطاقة الحركية $7N$ وطاقة الوضع $3N$ في هذه اللحظة فإن الطاقة الميكانيكية لهما $10N$، وإذا تغيرت الطاقة الحركية إلى $6N$ فإن طاقة الوضع ستكون بالتأكيد $4N$ لأن مجموع الطاقة الميكانيكية في هذا النظام المعزول يجب أن تظل ثابتة وتساوي $10N$.

وفي الحقيقة إن النظام المعزول هو نظام مثالي غير موجود في الطبيعة، فكل نظام يفقد أو يكتسب جزءاً ولو صغيراً من الطاقة، لكننا نعتبر تجاوزاً النظام معزول إذا كان يفقد أو يكتسب جزء صغير جدا من الطاقة، والنظام الوحيد المعزول هو الكون ككل.[1]

[1] اعتبار الكون معزول قد يتعارض مع معتقدات الديانات السماوية إذا اعتبرنا أن السماء خارج الكون، فهم يؤمنون بأن الملائكة من نور أي طاقة، تنزل وتصعد إلى السماء.

$$E = PE + KE \qquad (5.4)$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \qquad (5.5)$$

حيث E الطاقة الميكانيكية، PE طاقة الوضع، KEالطاقة الحركية، i الابتدائية، fالنهائية، ووحدتها جميعا الجول J .

مثال 5.1.32 السؤال

سقطت ثمرة جوز هند كتلتها $2kg$ من أعلى شجرة ارتفاعها $12m$، إحسب سرعتها لحظة اصطدامها بالارض ؟ (تجاهل الاحتكاك بالهواء)

الحل

تعيين المعطيات: الطاقة الحركية لحظة السقوط = 0 ، لأن السرعة = صفر

الطاقة الكامنة لحظة ملامسة الارض = 0، لأن الارتفاع = صفر

$m=2Kg$، $h=12m$

التطبيق:

$KE_i+PE_i=KE_f+PE_f$

$0+\cancel{m}gh=\frac{1}{2}\cancel{m}v^2+0$

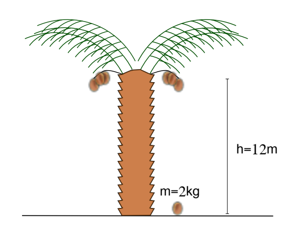
$9.8\times12=\frac{1}{2}\times v^2$

$9.8\times12\times2=v^2$

$v=\sqrt{9.8\times12\times2}=\sqrt{235.2}$

$v=15.33m/s$

النتيجة: سرعة جوزة الهند لحظة التصادم بالأرض تساوي 15.33متر/ثانية.



شكل 5.3: قانون حفظ الطاقة

5.1.3.1 التصادمات

يوجد ثلاثة انواع من التصادمات:

1) التصادم فوق المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم أكبر من مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم $\sum KE_i<\sum KE_f$، مثل اصطدام قادح الزناد بالرصاصة.

2) التصادم المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم مساوي لمجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم $\sum KE_i=\sum KE_f$، مثل اصطدام الكرات الزجاجية ببعضها.

3) التصادم تحت المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم أقل من مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم $\sum KE_i>\sum KE_f$، مثل تصادم كرات الصلصال ببعضها.

5.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- يرغب فتية الكشافة في نصب سارية العلم التي ارتفاعها $4m$ وكتلتها $10Kg$ ، احسب الشغل اللازم لذلك؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=10Kg$ ، $h=4m$

التطبيق: * مركز كتلة السارية منتصفها.

$W=mgh$

$=10\times9.8\times2$

$=196J$

2- احسب الطاقة الحركية لحبة فشار (ذرة جافة) كتلتها $5grams$ قفزت من المقلاة بسرعة $5m/s$ ؟ ثم احسب أقصى ارتفاع تصل له ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=5grams=5\times10^{-3}Kg$ ، $v=12m/s$

التطبيق:

الطاقة الحركية $KE=\frac{1}{2}mv^2$

$=\frac{1}{2}\times0.005\times5^2$

$=0.0625J$

أقصى ارتفاع $PE=mgh$

$0.0625=0.005\times9.8\times h$

$h=\frac{0.0625}{0.049}=1.27m$

3- انزلق طفل كتلته $40Kg$ على لعبة تزحلق إرتفاع قمتها عن الأرض $2m$ ، فوصل الأرض بسرعة $5m/s$ أوجد طاقة الاحتكاك المؤثرة عليه ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=40Kg$ ، $h=2m$ ، $v=5m/s$

التطبيق: طاقة الوضع الكامنة $PE=mgh$

$PE=40\times9.8\times2=784J$

الطاقة الحركية $KE=\frac{1}{2}mv^2$

$=\frac{1}{2}\times40\times5^2$

$=500J$

طاقة الاحتكاك $E_{\text{الاحتكاك}}=PE-KE$

$=784-500=284J$

4- وحدة طاقة الوضع هي:

ا) Kg　ج) N

ب) $Watt$　د) J ✓

5- أي من مصادر الطاقة التالية من مصادر الطاقة المتجددة:

ا) الشمس ✓　ج) اليورانيوم

ب) الرياح ✓　د) سدود الأنهار ✓

6- الطاقة التي يحتفظ بها الجسم :

ا) طاقة الوضع ✓　ج) الطاقة الكهربائية

ب) الطاقة الحركية　د) الطاقة الكهرومغناطيسية

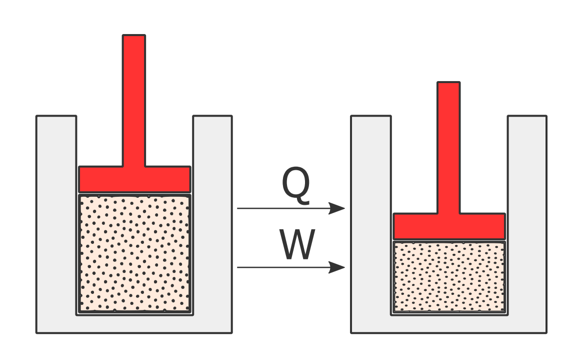
7- التصادم الذي لا يصاحبه فقد أو اكتساب في الطاقة :

ا) تحت المرن　ج) فوق المرن

ب) المرن ✓　د) عديم المرونة

6

الطاقة الحرارية



- درجة الحرارة وكمية الحرارة
- الاتزان الحراري
- الديناميكا الحرارية

مقدمة

6.1 درجة الحرارة وكمية الحرارة

6.1.1 درجة الحرارة

درجة الحرارة هي صفة في المادة تحدد اتجاه انتقال الحرارة من جسم إلى آخر في الوضع الطبيعي، ففي الطرق الصناعية مثل المبردات يتم انتقال الحرارة من الجزء البارد إلى الجزء الساخن.

6.1.2 كمية الحرارة

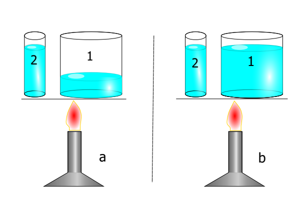
كمية الحرارة أو الطاقة الحرارية هي متوسط الطاقة الحركية لجميع جزيئات المادة.

6.1.3 العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الحرارة

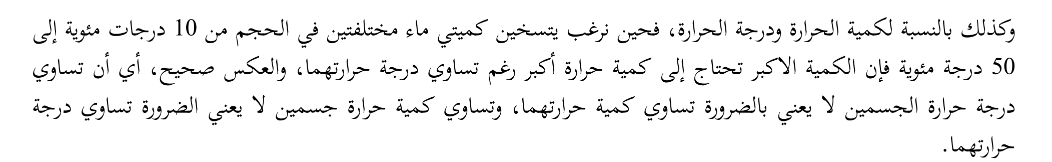
العلاقة بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة تشبه العلاقة بين كمية الماء ومستوى الماء في اناء، كيف؟

- إذا كان لدينا وعائين غير متساويين في الحجم ووضعنا في الاول لتر من الماء، ووضعنا في الثاني لتر من الماء، فإن مستوى الماء في الاناء الكبير سيكون بالتأكيد أقل من مستوى الماء في الاناء الصغير رغم تساوي كمية الماء فيهما، أي أن تساوي كمية الماء في الوعائين لا يعني بالضرورة تساوي مستوى الماء فيهما.

- إذا ملأنا الوعائين السابقين بحيث يصبح مستوى الماء فيهما متساوي، فإننا سنلاحظ أن كمية الماء في الوعاء الكبير أكبر من كمية الماء في الوعاء الصغير رغم تساوي مستوى الماء فيهما، أي أن تساوي مستوى الماء في الوعائين لا يعني بالضرورة تساوي كمية الماء فيهما.



شكل 6.1: كمية الحرارة


وكذلك بالنسبة لكمية الحرارة ودرجة الحرارة، فحين نرغب بتسخين كميتي ماء مختلفتين في الحجم من 10 درجات مئوية إلى 50 درجة مئوية فإن الكمية الاكبر تحتاج إلى كمية حرارة أكبر رغم تساوي درجة حرارتهما، والعكس صحيح، أي أن تساوي درجة حرارة الجسمين لا يعني بالضرورة تساوي كمية حرارتهما، وتساوي كمية حرارة جسمين لا يعني الضرورة تساوي درجة حرارتهما.

6.1.4 الاتزان الحراري

الاتزان الحراري هو الحالة التي يصبح عندها معدل التدفق الحراري بين الجسمين متساوي، ودرجة حرارتهما متساوية أيضا، فحين يضع الانسان يده على جسم ساخن فإنه يشعر بالحرارة لأن الطاقة الحرارية بدأت تنتقل من الجسم الساخن إلى يده، أما إذا وضع يده على جسم بارد فإن الحرارة تبدأ بالانتقال من يده إلى الجسم البارد فيشعر حينها بالقشعريرة.

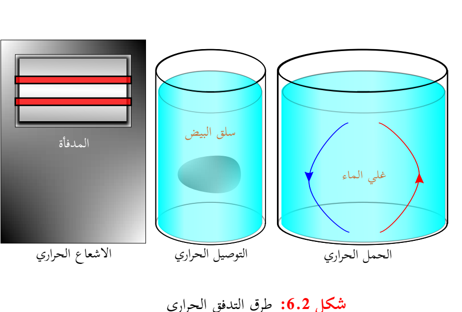
6.1.5 التدفق الحراري وطرقه

الطاقة الحرارية تنتقل من جسم إلى آخر بثلاث طرق هي:

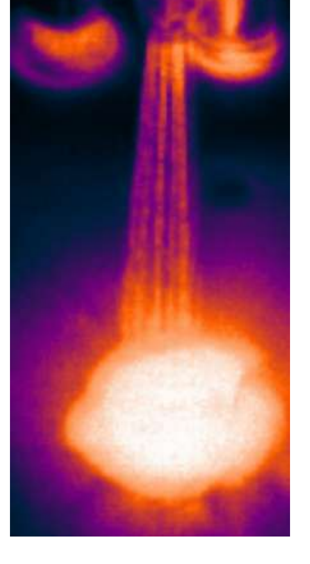
- الحمل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق حركة جزيئات المادة من مكان لآخر، مثل انتقال الماء الساخن من قعر الاناء إلى أعلاه، وانتقال التيارات الهوائية والمائية من خط الاستواء إلى القطبين.

- التوصيل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق تصادم الجزيئات ببعضها عند التلامس أو الخلط، مثل تسخين الملعقة بوضعها في الشاي الساخن، أو خلط ماء بارد وماء ساخن.

- الاشعاع الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية، مثل انتقال الحرارة من الشمس إلى الارض، أو الأشعة تحت الحمراء الصادرة عن الماء الساخن الظاهر في الصورة بالهامش.

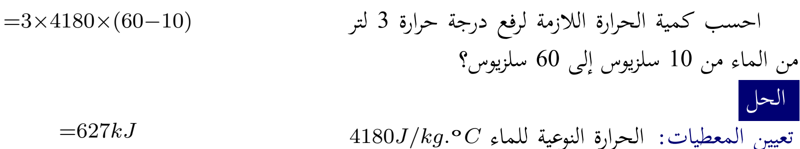


شكل 6.2: طرق التدفق الحراري


شكل 6.3: الماء الساخن يصدر الأشعة تحت الحمراء.

6.1.6 الحرارة النوعية والسعة الحرارية

الحرارة النوعية هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة كتلة من المادة لدرجة حرارة واحدة.
السعة الحرارية هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم لدرجة مئوية واحدة.



مثال 6.1.33 السؤال

احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 3 لتر من الماء من 10 سلزيوس إلى 60 سلزيوس؟

الحل

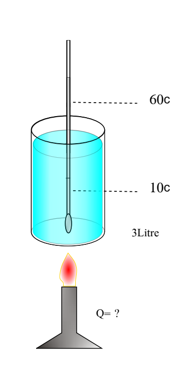
تعيين المعطيات: الحرارة النوعية للماء $4180J/kg.°C$ ، $m=3L=3Kg$

التطبيق: $Q=mC(T_f-T_i)$

$=3\times4180\times(60-10)$

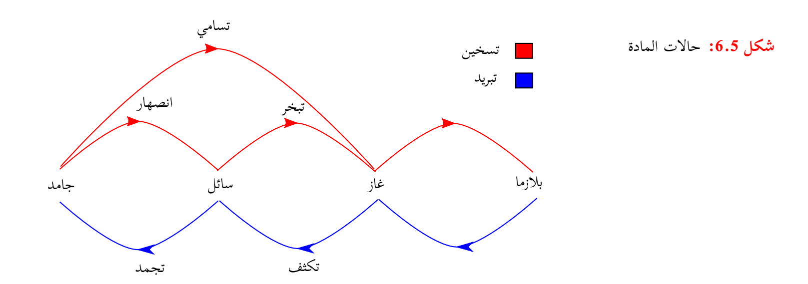
$=627kJ$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين هذا الماء °50 سلزيوس تبلغ 627 كيلوجول.



شكل 6.4: الحرارة النوعية والسعة الحرارية

6.2 حالات المادة



شكل 6.5: حالات المادة

حالات المادة:

- الجامد: هو الحالة التي يكون للمادة فيها حجم ثابت وشكل ثابت، لأن قوة التماسك بين جزيئاته كبيرة، والمسافة بين ذراته صغيرة، مثل النحاس والصخر، والبلاستك.
- السائل: هو الحالة التي يكون للمادة حجم ثابت وشكل غير ثابت (تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه)، لأن قوة التماسك والمسافة بين جزيئاته متوسطة، مثل الماء والزيت، والزئبق.
- الغاز: هو الحالة التي يكون يكون للمادة فيها حجم غير ثابت، وشكل غير ثابت (تأخذ حجم وشكل الإناء الذي توضع فيه)، لأن قوة التماسك بين ذراته أو جزيئاته ضعيفة أو معدومة، مثل الاكسجين والهيليوم، والاوزون.
- البلازما: هي الحالة التي تكون فيها ذرات أو جزيئات الغاز في حالة تأين نتيجة درجة الحرارة العالية جداً، مثل خط البرق، أيضا شرارة الولاعة (القداحة الكهربائية) في المطبخ، والشرارة التي تخرج عند خلع بعض أنواع الملابس، ولحام البلازما.



شكل 6.6: البلازما[11]

6.2.1 الطاقة الكامنة للإنصهار

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار وحدة الكتل من مادة ما.

$$Q = mH_f \quad (6.2)$$

حيث Q كمية الحرارة، m الكتلة ، H_f الحرارة الكامنة للانصهار.

مثال 6.2.34 السؤال

احسب كمية الحرارة اللازمة لانصهار 10 جرام من الثلج عند درجة صفر سلزيوس؟

الحل

تعيين المعطيات: $H_f=334J/g$ ، $m=10g$

التطبيق:

$Q=mH_f$

$=10\times334=3340J$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار 10جرام من الثلج تبلغ 3340 جول.

6.2.2 الطاقة الكامنة للغليان

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لغليان (لتبخر) وحدة الكتل من مادة ما.

$$Q = mH_v \tag{6.3}$$

حيث Q كمية الحرارة، m الكتلة ، H_f الحرارة الكامنة للتبخر.

مثال 6.2.35 السؤال

احسب كمية الحرارة اللازمة لتبخير 10 جرام من الماء؟

الحل

تعيين المعطيات: $H_v=2260J/g$ ، $m=10g$

التطبيق:

$Q=mH_f$

$=10\times2260=22600J$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير 10جرام من الماء تبلغ 22600 جول.

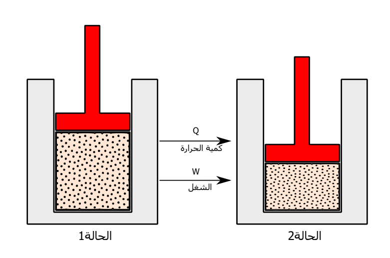
6.3 قوانين الديناميكا الحرارية

القانون الاول للديناميكا الحرارية

إن ارتفاع الطاقة الداخلية لنظام ثرموديناميكي معين يساوي كمية الطاقة الحرارية المضافة للنظام، مطروح منه الشغل الميكانيكي المبذول من النظام إلى الوسط المحيط.

$$\Delta U = Q - W \tag{6.4}$$

حيث ΔU التغير في الطاقة الحرارية، Q كمية الحرارة المضافة ، W الشغل الذي يبذله الجسم.

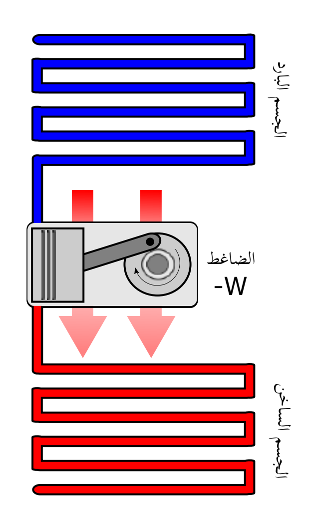


شكل 6.7: القانون الاول للديناميكا الحرارية[7]

6.3.1 القانون الثاني للديناميكا الحرارية

لا يمكن أن تنتقل كمية من الحرارة من جسم بارد إلى جسم ساخن إلا ببذل شغل من الخارج.

مثلا الحرارة تنتقل من داخل الثلاجة البارد إلى الهواء الخارجي الساخن ببذل شغل خارجي يقوم به ضاغط الثلاجة (الكومبرسور)، فالوضع الطبيعي في الحياة أن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، لكن حين فعلنا العكس وجب علينا بذل شغل خارجي.



شكل 6.8: الثلاجة

الانتروبي يتزايد انتروبي أي نظام معزول مع الوقت ويميل الانتروبي للوصول إلى نهاية عظمى سواء في النظام المعزول أو في الكون، ويمكن تعريفه بأنه مقياس لزيادة الحركة العشوائية لمكونات النظام نتيجة ارتفاع درجة حرارته.

فالماء حين يغلي تزداد حركة جزيئاته وهذا يسمى زيادة في الانتروبي، والكون يزداد اتساعه وتتباعد مجراته عن بعضها نتيجة زيادة حرارته (الحرارة الصادرة من النجوم).

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \tag{6.5}$$

حيث ΔS التغير في الانتروبي، Q كمية الحرارة المضافة للجسم ، T درجة حرارة الجسم بالكالفن.

مثال 6.3.36 السؤال

احسب التغير في الانتروبي عند تكثف 1 كيلوجرام من بخار الماء عند درجة حرارة 100 مئوية، وواحد ضغط جوي عند نفس الظروف، حيث الطاقة الكامنة للتبخر؟[3]

الحل

تعيين المعطيات: Q=$2.26\times10^6 J/kg$، T=373.15

التطبيق:

$\Delta S=\frac{Q}{T}$

$=-\frac{2.26\times10^6}{373.15}$

$=-6.057\times10^3 JK^{-1}$

النتيجة: التغير في الانتروبي يساوي -6.057×10^3 جول/كالفن.

6.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 5 لتر من الماء من 10 سلزيوس إلى 60 سلزيوس؟

الحل

تعيين المعطيات: $m = 5L = 5Kg$ ، $C = 4180J/kg.^{o}C$

التطبيق:

$$Q = mC(T_f - T_i)$$

$$= 5 \times 4180 \times (60 - 10)$$

$$= 1045kJ$$

2- كم الطاقة الحرارية اللازمة لاذابة قطعة زبدة لذيذة كتلتها $250g$ تلزم لاعداد وجبة كبدة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m = 250g$ ، $H_f = 60J/g$

التطبيق:

$$Q = mH_f$$

$$= 250 \times 60 = 15000J$$

3- عندما يسعى حاج كتلته $70Kg$ في الحج، فيقطع مسافة $2765m$ في سبعة أشواط، احسب الزيادة في درجة حرارة لتر من الماء حين يكتسب الطاقة التي يستهلكها الحاج في السعي؟

الحل

تعيين المعطيات: $d = 2765m$ ، $m = 70Kg$

التطبيق: الطاقة التي يستهلكها الحاج في السعي

$$E = \frac{m \times d}{1.6} = \frac{70 \times 2.765}{1.6}$$

$$= 121Cal \times 4.1868 = 506.6J$$

$$Q = mC\Delta T$$

$$506.6 = 1 \times 4180 \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{506.6}{4180} = 0.12^{\circ}C$$

4- احسب الزيادة في درجة حرارة لتر من الماء حين يكتسب الطاقة التي يستهلكها الحاج في الطواف حيث متوسط طول أشواط الطواف السبعة 1830 متر ؟

5- إذا علمت أن الإنسان يحتاج لحرق 7000 كالوري لكي يفقد $1Kg$من كتلته، احسب التغير في درجة حرارة $1Kg$ من الماء، إذا اكتسب الماء الطاقة المبذولة لحرق $3Kg$ من جسم الانسان؟

الحل

تعيين المعطيات: $C = 4180J/Kg.^{\circ}C$ ، $m = 3Kg$

التطبيق: الطاقة بالجول $Q = 3 \times 7000 \times 4.1868$

$$= 87922.8J$$

التغير في درجة الحرارة $Q = mC\Delta T$

$$\Delta T = \frac{87922.8}{4180} = 21^{\circ}C$$

6- وحدة التغير في الانتروبي هي:

ا) N

ب) J/K ✓

ج) J/s^2

د) $m.s^s$

7- الجسم الأسود المثالي هو جسم :

ا) يمتص جميع الأشعة الساقطة عليه ✓

ب) يمتص جزء ويعكس جزء من الأشعة

ج) يعكس جميع الأشعة الساقطة عليه

د) لا يمتص أو يعكس أي أشعة

8- الحرارة هي اشعاع موجات :

ا) كهرومغناطيسية ✓

ب) طولية

ج) ميكانيكية

د) موقوفة

9- انتقال الحرارة في الفراغ بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية يسمى :

ا) الاشعاع الحراري ✓

ب) التوصيل الحراري

ج) الحمل الحراري

د) التخزين الحراري

10- حول درجة الحرارة $70^{\circ}C$ إلى ما يقابلها في مقياس كالفن ؟ $K = C + 273$

ا) $343^{\circ}K$ ✓

ب) $203^{\circ}K$

ج) $300^{\circ}K$

د) $420^{\circ}K$

11- أي مما يلي يعتبر مادة ؟

ا) الدخان ✓

ب) الضوء

ج) الموجات

د) الحرارة

11- العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحركية للذرات ؟

ا) تناسب طردي ✓

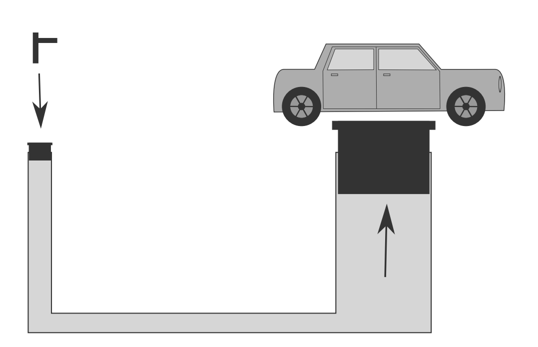
ب) تناسب عكسي

ج) عكسي أحيانا

د) طردي أحيانا

7

حالات المادة



- القانون العام للغازات
- مبدأ ارخميدس
- التمدد الحراري

مقدمة

7.1 الموائع

الموائع هي المواد التي لها خاصية الجريان أو الانتشار، فهي تشكل السوائل والغازات.

7.1.0.1 ضغط السائل

الضغط هو القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات من المادة.

$$P = \frac{F}{A} \quad (7.1)$$

أي أن الضغط يزداد بزيادة القوة (الوزن)، وكذلك بنقصان المساحة التي تؤثر عليها القوة، ولهذا نجعل مساحة رأس المسمار صغيرة.

مثال 7.1.37 السؤال

احسب الضغط الذي ينتج عن وضع ثقل مقداره $100N$ على سطح مساحته $2m^2$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=100N$ ، $A=2m^2$

التطبيق:

$P=\frac{F}{A}$

$=\frac{100}{2}$

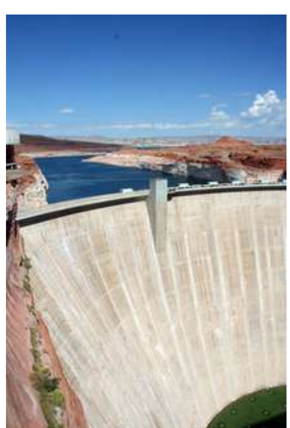
$=50N/m^2$

النتيجة: ضغط الجسم على السطح يساوي 50 نيوتن لكل متر مربع.

ضغط السائل عند نقطة هو وزن عمود السائل المؤثر على نقطة معينة.

$$P = hg\rho \quad (7.2)$$

حيث P ضغط السائل، h ارتفاع السائل، g تسارع الجاذبية الارضية ، ρ كثافة السائل.



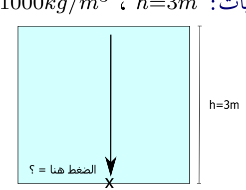
شكل 7.1: السد[11]

مثال 7.1.38 السؤال

أوجد ضغط الماء على نقطة في قاع مسبح عمقه $3m$ وكثافة الماء $1000kg/m^3$ ؟ (تجاهل الضغط الجوي)

الحل

تعيين المعطيات: $h=3m$ ، $\rho=1000kg/m^3$



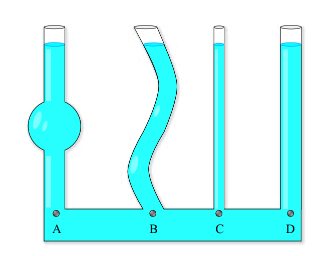
التطبيق:

$P=hg\rho$

$=3\times9.8\times1000$

$=29400Pa$

النتيجة: ضغط الماء على قاع المسبح يساوي 29.4 كيلوباسكال.



شكل 7.2: ضغط السائل عند جميع النقاط الأربعة متساوي، لأن ضغط السائل لا يتأثر بشكل الإناء وإنما بعمق السائل.

ويزداد ضغط السائل على النقطة كلما زاد عمقها فيه، ولهذا تكون السدود سميكة من أسفلها، لأن ضغط الماء على قواعدها أكبر من الضغط على قممها.

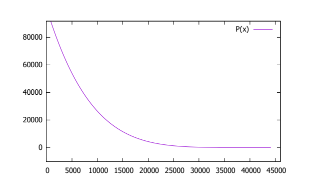
الضغط الجوي هو وزن عمود الهواء الممتد من النقطة إلى نهاية الغلاف الجوي والمؤثر على وحدة المساحات.
ويعادل عند مستوى سطح البحر 1013 ملي بار أو $10kg/cm^2$ أو $100kN/m^2$ أو $760mmHg$ أو $760Torr$ ، الباسكال Pa يساوي N/m^2، لكن هذه القيمة تتأثر ايضا بدرجة الحرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر، ويمكن حسابه بالقانون التالي.

⋆ طرفة علمية

من السنة النبوية، التكبير عند صعود الجبال والتسبيح عند النزول منها، وهذا يفتح قناة ستاكيوس فيتعادل الضغط حول الطبلة، ولا نشعر بالالم في الاذن.

$$P = P_0.(1 - \frac{L.h}{T_0})^{\frac{g.M}{R.L}} \quad (7.3)$$

حيث P الضغط الجوي، P_0الضغط عند سطح البحر $101325Pa$ ، L معدل تغير درجة الحرارة مع الارتفاع $0.0065K/m$ ، h الارتفاع عن سطح البحر، T_0 درجة الحرارة عند سطح البحر $288.15K$ ، g تسارع الجاذبية الارضية $9.80665m/s^2$ ، M الكتلة المولارية للهواء الجاف $0.0289644kg/mol$ ، R ثابت الغازات العام أو ثابت بولتزمان $8.31447J/mol.K$.



شكل 7.3: ينخفض الضغط الجوي بزيادة الأرتفاع عن مستوى سطح البحر

وكما في الرسم البياني، ينخفض الضغط الجوي بزيادة الأرتفاع عن مستوى سطح البحر، إلى أن يساوي صفر عند $44000m$ تقريبا، علما أن نهاية الغلاف الجوي وبداية الفضاء الخارجي تكون عند خط كارمان على ارتفاع 100 كم عن سطح البحر.

⋆ ومضة

عندما ينخفض الضغط الجوي عن القيمة 1013 ملي بار تزداد سرعة الرياح (منخفض جوي) وإذا زادت عنها تقل سرعة الرياح (مرتفع جوي).

مثال 7.1.39 السؤال

احسب الضغط الجوي عند ارتفاع 1000 متر عن سطح البحر، ثم احسب التغير في درجة الحرارة بفعل الارتفاع عن مستوى سطح البحر ؟

الحل

تعيين المعطيات: $h{=}1000m$

التطبيق:

$P{=}P_0.(1{-}\frac{L.h}{T_0})^{\frac{g.M}{R.L}}$

$={101325}\times(1{-}\frac{0.0065\times1000}{288.15})^{\frac{9.80665\times0.0289644}{8.31447\times0.0065}}$

$=90098.297Pa$

$\Delta T{=}1000\times0.0065$

$=6.5^\circ K$

النتيجة: التغير في درجة الحرارة يساوي 6.5 كالفن.

7.1.1 قوانين الغاز

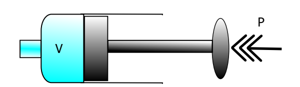
الغازات هي مواد في حالة غازية، أي أن جزيئاتها في حالة حركة انتقالية مستمرة نظرا لعدم وجود روابط بين جزيئاتها، وهذه الحركة عشوائية أو براونية[1]، وتنشأ هذه الحركة نتيجة لتصادمات جزيئات الغاز ببعضها، ووجد أن الغازات تتأثر بثلاث عوامل رئيسية هي الحجم والضغط ودرجة الحرارة، ونتيجة لدراسة هذه العوامل تم التوصل لعدة قوانين مهمة.

7.1.1.1 قانون بويل

ينص قانون بويل على أنه عند ثبوت درجة الحرارة فإن حجم غاز معين يتناسب عكسيا مع ضغطه.
مثل تغير حجم الغاز في حقنة طبية مليئة بالغاز عند ضغطها.

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \text{ثابت} \quad (7.4)$$

حيث P_1,P_2 الضغط الاول والثاني للغاز، V_1,V_2 الحجم الاول والثاني للغاز



شكل 7.4: إذا أغلقنا مخرج حاقنة ممتلئة بالهواء ثم كبسناها فإن حجم الغاز سيصغر بزيادة الضغط.

مثال 7.1.40 السؤال

غاز حجمه $100cm^3$ وضغطه $101.3kPa$، أوجد ضغطه عندما نجعل حجمه $80cm^3$ مع ثبوت درجة الحرارة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $P_1{=}101.3KPa$ ، $v_1{=}100cm^3$ ، $v_2{=}80cm^3$

التطبيق:

$P_1V_1{=}P_2V_2$

$101.3\times100{=}P_2\times80$

$P_2{=}\frac{101.3\times100}{80}{=}126.62kPa$

النتيجة: ضغط الغاز سيصبح 126 كيلوباسكال.

[1] براون عالم نبات انجليزي لاحظ الحركة العشوائية لحبيبات اللقاح في الماء فسميت بإسمه.

7.1.1.2 قانون شارل

ينص قانون شارلز على أنه عند ثبوت الضغط فإن حجم الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته بالكالفن، وتحديدا عند زيادة درجة حرارة الغاز درجة كالفن واحدة فإن حجمه يزداد بمعدل $\frac{1}{273}$ من حجمه الأصلي.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{ثابت} \quad (7.5)$$

حيث T_1, T_2 درجة الحرارة الاولى والثانية للغاز، V_1, V_2 الحجم الاول والثاني للغاز

مثال 7.1.41 السؤال

غاز حجمه $25cm^3$ ودرجة حرارته $280K$، أوجد حجم الغاز عندما نجعل درجة حرارته $320K$ مع ثبوت الضغط ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1 = 25cm^3$ ، $T_1 = 280^\circ K$ ، $T_2 = 320^\circ K$

التطبيق:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{25}{280} = \frac{V_2}{320}$$

$$V_2 = \frac{25 \times 320}{280} = 28.57cm^3$$

النتيجة: حجم الغاز سيصبح 28.57 سنتمتر مكعب.



شكل 7.5: زيادة درجة الحرارة ستؤدي لزيادة الضغط ثم الانفجار لأن الحجم ثابت.

7.1.1.3 القانون العام للغازات

في بويل ثبتنا درجة الحرارة وفي شارل ثبتنا الضغط، لكن ماذا نفعل إذا اردنا دراسة مثال مثل اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي، فدرجة الحرارة متغيرة والضغط متغير والحجم متغير؟ ، يتميز القانون العام للغازات بأنه يوضح العلاقة بين الحجم والضغط ودرجة الحرارة دون ثبات أحدها.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{ثابت} \quad (7.6)$$

حيث T_1, T_2 درجة الحرارة الاولى والثانية للغاز، V_1, V_2 الحجم الاول والثاني للغاز، P_1, P_2 الضغط الاول والثاني للغاز.

مثال 7.1.42 السؤال

غاز هيليوم حجمه $50cm^3$ ودرجة حرارته $290K$ وضغطه $101.3kPa$، أوجد ضغطه عندما نجعل درجة حرارته $480K$ وحجمه $70cm^3$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1 = 50cm^3$ ، $T_1 = 290^\circ K$ ، $P_1 = 101.3KPa$ ، $T_2 = 480^\circ K$ ، $V_2 = 70cm^3$

التطبيق:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{101.3 \times 50}{290} = \frac{P_2 \times 70}{340}$$

$$P_2 = \frac{101.3 \times 50 \times 480}{290 \times 70} = 119.76Pa$$

النتيجة: الضغط الناتج سيكون 119.76 باسكال.

7.1.1.4 قانون الغاز المثالي

الغاز المثالي هو نموذج لغاز افتراضي (غير موجود) وضعه ماكسويل وبولتزمان لتسهيل دراسة الغازات، ويُفترض أن المسافات بين جزيئاته كبيرة نتيجة انخفاض ضغطه، وتتحرك جزيئاته عشوائيا وتتصادم ببعضها تصادما مرنا. وتزداد دقة نتائج الغاز الحقيقي الموجود في حياتنا كلما زادت درجة حرارته وانخفض ضغطه.

$$PV = KNT \tag{7.7}$$

حيث K ثابت بولتزمان ويساوي $1.38\times10^{-23}Pa.m^3/k$، و$N$ عدد جزيئات الغاز.

$$PV = nRT \tag{7.8}$$

حيث n عدد المولات، وR ثابت بولتزمان $8.31Pa.m^3/mol.k$.
- من المولات إلى عدد جزيئات $KN{=}nR$
- من المولات إلى كتلة $m{=}Mn$
حيث m الكتلة، M الكتلة المولية.

مثال 7.1.43 السؤال

من المثال السابق أوجد عدد مولات غاز الهيليوم إذا علمت أن الكتلة المولية للهيليوم $4g/mol$ ، ثم أوجد كتلة الغاز وعدد جزيئاته؟

الحل

تعيين المعطيات: $M{=}4g/mol$

التطبيق:

(عدد المولات) $PV = nRT$

$n{=}\frac{PV}{RT}$

$=\frac{101.3\times50\times10^{-6}}{8.31\times290}$

$n{=}2.1\times10^{-6}mol$

(كتلة الغاز) $m = Mn$

$=4\times2.1\times10^{-6}$

$=8.4\times10^{-6}g$

(عدد الجزيئات) $KN = nR$

$N{=}\frac{nR}{K}$

$=\frac{2.1\times10^{-6}\times8.31}{1.38\times10^{-23}}$

$==1.26\times10^{18}$ جزيء

النتيجة: عدد جزيئات غاز الهيليوم تساوي 1.26×10^{18} جزيء.

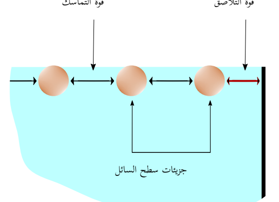
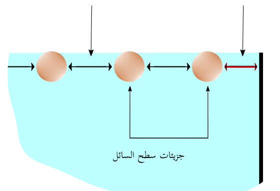
7.2 القوى داخل السوائل

يوجد قوتين تربط جزيئات السائل بما يحيط بها من جزيئات :

قوة التماسك هي قوة التجاذب بين جزيئات السائل.

قوة التلاصق هي قوة التجاذب بين جزيئات السائل والسطح الملامس لها.

عندما تكون قوى التماسك أكبر من قوة التلاصق نلاحظ أن سطح السائل يميل للتحدب وضعف التصاقه بالاسطح التي تلامسه مثل الزئبق وتسبب هذه القوة لزوجة السوائل، وعندما تكون قوى التلاصق أكبر فإن سطح السائل يميل للتقعر والالتصاق بالسطح الملامس له وتسبب هذه القوة ارتفاع السوائل في الانابيب الشعرية.

شكل 7.6: قوة التماسك والتلاصق

⋆ طرفة علمية

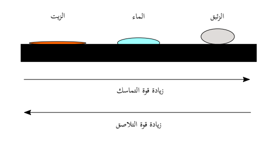
يقوم جنود البحرية بقذف جسم صلب إلى الماء قبل قفزهم من مكان مرتفع لإضعاف قوة التماسك بين جزيئات سطح الماء فتخف شدة اصطدامهم به.

7.3 الموائع الساكنة والمتحركة

7.3.1 الموائع الساكنة

7.3.1.1 مبدأ باسكال

ينص على أن أي تغير في الضغط المؤثر على مائع محصور يتوزع بالتساوي على جميع نقاط السائل، وبالتالي لا يتأثر الضغط المائع بشكل الاناء الذي يوضع فيه.



شكل 7.7: قوة التماسك والتلاصق

$$\frac{F_1}{A_1}=\frac{F_2}{A_2} \quad (7.9)$$

$$\mu=\frac{F_1}{F_2}=\frac{A_1}{A_2}$$

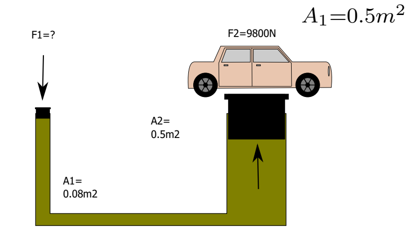
حيث F_1, F_2 القوة المؤثرة والقوة الناتجة، و A_1, A_2 مساحتي المقطع العرضي للمكبس الأول والثاني، μ الفائدة الميكانيكية، 1 المكبس الكبير، 2 المكبس الصغير.

مثال 7.3.44 السؤال

احسب القوة المؤثرة اللازم التأثير بها على مكبس رافعة هيدروليكية مساحته $0.08m^2$ لرفع سيارة وزنها $9800N$ موضوعة على المكبس الآخر للرافعة الهيدروليكية مساحته $0.5m^2$ ؟ ثم احسب الفائدة الميكانيكية للرافعة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $A_2=0.08m^2$ ، $F_1=9800N$ ، $A_1=0.5m^2$



التطبيق:

(القوة) $$\frac{F_1}{A_1}=\frac{F_2}{A_2}$$

$$\frac{9800}{0.5}=\frac{F_2}{0.08}$$

$$F_2=\frac{F_2\times A_1}{A_2}$$

$$=\frac{9800\times0.08}{0.5}$$

$$=1568N$$

(الفائدة الميكانيكية) $$\mu=\frac{F_1}{F_2}=\frac{A_1}{A_2}$$

$$\mu=\frac{9800}{1568}$$

$$=6.25$$

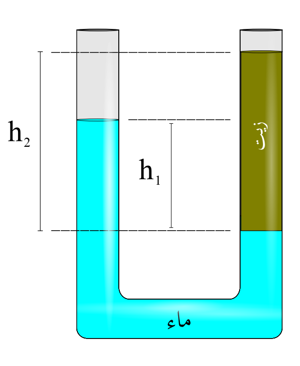
النتيجة: القوة المؤثرة على مكبس الرافعة الهيدروليكية تساوي 1568 نيوتن، والفائدة الميكانيكية 6.25 (من 100) أي غير جيد.

7.3.1.2 السوائل في الأنابيب المتشعبة

$$P_a+h_1g\rho_1=P_a+h_2g\rho_2 \quad (7.10)$$

(عند تجاهل الضغط الجوي) $$h_1\rho_1=h_2\rho_2$$

حيث h الإرتفاع، P_a الضغط الجوي، g تسارع الجاذبية الأرضية، ρ الكثافة.



شكل 7.8: مستوى السائل الأقل كثافة يكون أعلى من مستوى السائل الأكبر كثافة.

مثال 7.3.45 السؤال

احسب ارتفاع الزيت الذي كثافته $800Kg/m^3$ ، إذا وضع مع الماء في أنبوب متشعب، علما أن ارتفاع الماء $10cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\rho_1=800Kg/m^3$ ، $\rho_2=1000Kg/m^3$ ، $h_2=10cm$

التطبيق:

$$h_1\rho_1=h_2\rho_2$$

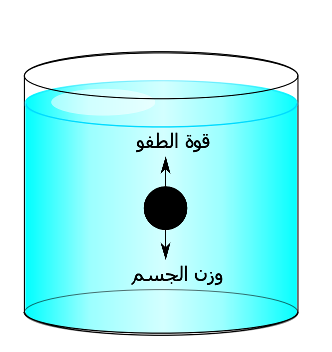
$$h_1=\frac{h_2\times\rho_2}{\rho_1}$$

$$=\frac{10\times1000}{800}$$

$$=12.5cm$$

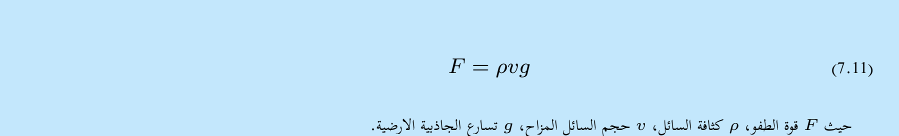
النتيجة: ارتفاع الزيت في الأنبوب المتشعب 12.5 سنتمتر.

7.3.1.3 قوة الطفو



شكل 7.9: مبدأ أرخميدس

ينص مبدأ أرخميدس على أن الجسم المغمور في مائع تؤثر عليه قوة طفو رأسية إلى أعلى تساوي وزن المائع المزاح.



$$F = \rho v g \qquad (7.11)$$

حيث F قوة الطفو، ρ كثافة السائل، v حجم السائل المزاح، g تسارع الجاذبية الارضية.

وعند وضع الجسم في المائع (السائل والغاز) فإن له ثلاث حالات:

- عندما يكون وزن الجسم > قوة الطفو ⇐ينغمر الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم < قوة الطفو ⇐يطفو الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم = قوة الطفو ⇐يتعلق الجسم.

كيف نحسب قوة الطفو عمليا؟

بطريقتين:

- نقوم بوزن الجسم في الهواء، ثم نقوم بوزن الجسم داخل السائل (الوزن الظاهري)، وبطرح الوزنين نحصل على قوة الطفو : $F_{\text{الطفو}}=F_{\text{الوزن}}-F_{\text{الظاهري}}$.
- نقوم بوضع الجسم في إناء الإزاحة الممتلىء تماما بالماء، ثم نقوم بوزن السائل المزاح، فيكون هذا الوزن مساوي لقوة الطفو.

⋆ طرفة علمية

يمكن تذكر قصة ارخميدس مع الامبراطور، أو قصة الزبير بن العوام في حرب الحبشة.

مثال 7.3.46 السؤال

اذا القي مكعب حجمه $2m^3$ من مادة كثافتها $2.3\times10^3 kg/m^3$ في حوض ماء، فهل سيطفو أم سينغمر في الماء؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=2cm^3$ ، $\rho=2.3\times10^3 Kg/m^3$

التطبيق:

$F_{\text{وزن المكعب}}=\rho_{\text{كثافة المكعب}} vg$

$=2.3\times10^3\times2\times9.8=45080N$

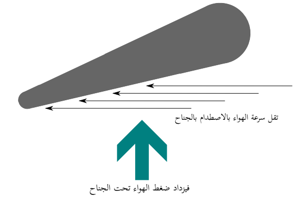
$F_{\text{قوة الطفو}}=\rho_{\text{كثافة الماء}} vg$

$=1\times10^3\times2\times9.8=19600N$

النتيجة: بما أن قوة الطفو $19600N$ أصغر من وزن المكعب $45080N$ ⇐ المكعب سينغمر.

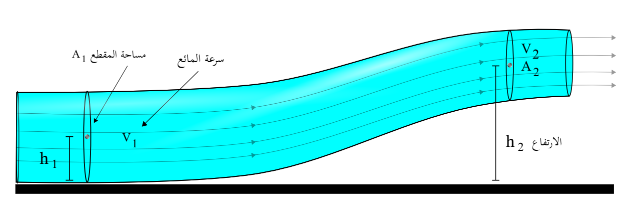
7.3.2 الموائع المتحركة

7.3.2.1 مبدأ برنولي



شكل 7.10: مبدأ برنولي

ينص مبدأ برنولي على أن ضغط المائع يقل كلما زادت سرعته، أو أن ضغط المائع بين جسمين يقل بزيادة سرعته أو سرعتهما، فحين تمر سفينتين بجانب بعضهما ينخفض ضغط الماء بينهما ويصبح أقل من ضغطه في الجهة الأخرى، فتندفع السفينتين إلى الداخل وتصطدم ببعضهما، لذا يجب ترك مسافة مناسبه بينهما، وينطبق هذا الأمر على الطائرات حيث يجب ترك مسافة بينها وإلا تجاذبت بفعل انخفاض الضغط بينها.



شكل 7.11: تدفق السائل في الأنبوب

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gh_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gh_2 \quad (7.12)$$

$$\rho A_1V_1{=}\rho A_2V_2$$

$$Q{=}Av$$

حيث P ضغط السائل، و ρ كثافة السائل، و v سرعة السائل، h الارتفاع عن سطح الأرض، A مساحة المقطع، Q كمية السائل المنساب.

مثال 7.3.47 السؤال

أثرنا بقوة مقدارها $2N$ على مكبس حقنة طبية، مساحة مقطعه $2.5{\times}10^{-5}m^2$ وكان السائل يخرج من الطرف الآخر إلى الهواء الذي ضغطه $1atm$، والحقنة موضوعه بشكل أفقي، وكثافة الماء $1{\times}10^3kg/m^3$ واعتبر أن سرعة المكبس الأول تقارب الصفر، احسب سرعة خروج السائل؟[17]

الحل

تعيين المعطيات: $F{=}2N$ ، $A_1{=}2.5{\times}10^{-5}m^2$

التطبيق:

$$\because h_1{=}h_2$$

$$P_1{+}\tfrac{1}{2}\rho v_1^2{+}\cancel{\rho gh_1}{=}P_2{+}\tfrac{1}{2}\rho v_2^2{+}\cancel{\rho gh_2}$$

$$P_1{+}\tfrac{1}{2}\rho v_1^2{=}P_2{+}\tfrac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$v_2{=}\sqrt{v_1^2{+}\frac{2(P_1-P_2)}{\rho}}$$

ونتجاهل الضغط الجوي لأنه يؤثر من الجهتين

$$P_1{-}P_2{=}(\frac{F}{A_1}{+}P_{atm}){-}(P_{atm})$$

$$=\frac{F}{A_1}$$

$$=\frac{2}{2.5{\times}10^{-5}}{=}8{\times}10^4Pa$$

$$v_2{=}\sqrt{0{+}\frac{2{\times}8{\times}10^4}{1{\times}10^3}}{=}12.6m/s$$

النتيجة: سرعة خروج السائل من الحقنة الطبية 12.6متر/ثانية.

★ ومضة

ضغط الدم الطبيعي 80 Torr الضغط الانبساطي و 120 Torr الضغط الانقباضي لعضلة القلب.

ويستفاد من هذه الظاهرة التي يوضحها مبدأ برنولي، في صنع بعض بخاخات العطورات وكذلك في عملية رش الأصباغ الملونة في تلوين المنازل، كما تستخدم في مضخة الفولترين الكهربائية الخاصة بمرضى الربو شفاهم الله، حيث يمر بخار الماء بسرعه فوق عبوة الفولتارين حاملا الفولتارين إلى الرئتين.

7.3.2.2 خطوط الانسياب ونقطة الانفصال

حين نمرر الهواء لإختبار انسيابية جسم ما مثل الطائرة أو السيارة فإن هذه الخطوط إما أن تكون متوازية وفي هذه الحالة نقول أن التدفق منتظم، أو تكون خطوط على شكل دوامات وفي هذه الحالة نقول أن التدفق مضطرب، ويكون تدفق المائع منتظم إذا كان:

1) لا يوجد احتكاك بين طبقات المائع.

2) معدل تدفق المائع ثابتة في جميع نقاط مساره.

3) سرعة المائع لا تساوي صفر عند أي نقطه في مساره.

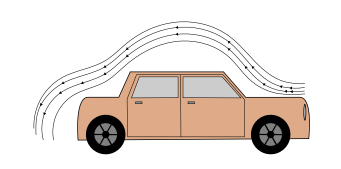
4) لا يحتوي على دوامات.

.

في حالة التدفق المنتظم فإن خطوط الإنسياب تتقارب من بعضها كلما زادت سرعة المائع وقل ضغطه، والعكس صحيح حيث أن تباعد خطوط الانسياب عن بعضها دليل على انخفاض سرعة المائع وزيادة ضغطه.

أما نقطة الانفصال فهي النقطة التي ينعكس فيها اتجاه الضغط، فعند إختراق مقدمة السيارة للهواء فإنها تشتت أو تبعد جزيئات الهواء بعيدا عن جسم السيارة بإتجاه الأعلى، لكن هذا الهواء لا يلبث أن يعود ضاغطا على سطح السيارة، وتسمى النقطة التي يعود عندها ضغط الهواء على سطح السيارة بنقطة الانفصال، وتحدد بأنها النقطة التي يبدأ عندها إنحدار الجسم إلى الأسفل، مثلا هي في السيارة عند نهاية سقف السيارة وبداية انحدار زجاجها الخلفي، وللتخلص من هذا الضغط يعمد صانعو السيارات الحديثة إلى تقصير طول الجزء الواقع بعد نقطة الانفصال.

كما يقوم صانعو كرة القدم بصنعها من قطع مضلعه تشتت الهواء مما يمنع أو يقلل من زيادة الضغط على الجزء الواقع بعد نقطة الانفصال، وفي الطائرات المدنية يعمد صانعوها إلى جعل مقدمتها محدبة وليست مدببة، لتشتيت الهواء لمسافة تدفع نقطة الانفصال من منتصف الطائرة إلى ذيلها، وهو ما يحميها من التآكل والتدمير عند السرعات العالية ويوفر من الوقود.



شكل 7.12: خطوط الانسياب

7.3.2.3 اللزوجة

اللزوجة هي خاصية في المادة تسبب مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل مما يعيق انزلاقها.

$$F = \eta \frac{Av}{d} \tag{7.13}$$

حيث η معامل اللزوجة وتنطق ايتا ووحدتها $N.s/m^2$ ، F القوة، A مساحة اللسطح، v سرعة انزلاق السائل، d المسافة بين اللوحين.

الوحدة الشائعة للزوجة هي البواز $poise$ وتساوي $1p{=}0.1N.s/m^2$.

درجة الحرارة	الهواء	الماء
$0^{\circ}C$	$171\mu p$	$1.792cp$
$20^{\circ}C$	$181\mu p$	$1.005cp$
$40^{\circ}C$	$190\mu p$	$0.656cp$
$100^{\circ}C$	$218\mu p$	$0.284cp$

جدول 7.1: معامل لزوجة الهواء والماء لاحظ لزوجة الهواء تزداد بارتفاع درجة الحرارة.[6]

من تطبيقات اللزوجة

- في الميكانيكا، إن لزوجة زيوت التشحيم في السيارات وغيرها تساعد في التبريد والحماية من التآكل.
- في الطيران، إن زيادة سرعة الطائرة تزيد لزوجة الهواء ويصبح قادرا على حمل الطائرة.
- في الطب، إن نقصان سرعة ترسيب كريات الدم الحمراء يدل على الانيميا، والغدد المخاطية في الجهاز التنفسي والهضمي تساعد على حمايته، ولزوجة الدمع تحمي قرنية العين من التآكل بسبب رمش العين المستمر.
- حماية الأرض، إن لزوجة الهواء تؤدي إلى إبطاء وحرق النيازك والشهب قبل اصطدامها بالأرض.

7.4 المواد الصلبة

7.4.1 التمدد الحراري للمواد الصلبة

التمدد هو عملية زيادة في حجم المادة نتيجة التغير في درجة حرارتها[2]، ويمكن أن تتمدد المواد الجامدة سواء أكانت هذه المواد لها بعد واحد مثل الاسلاك، أو لها بعدين مثل الصفائح المعدنية، أو لها ثلاثة ابعاد مثل مكعبات الحديد.





شكل 7.13: تمدد المواد الصلبة

7.4.2 معامل التمدد الطولي (α)

معامل التمدد الطولي يساوي التغير في الطول مقسوما على الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \tag{7.14}$$

[2] بعض المواد تتمدد بالتبريد مثل الجليد والبزموث والانتيمون

مثال 7.4.48 السؤال

قطعة من الألمنيوم طولها 3.66 متر عند درجة حرارة $-28°C$ كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها $39°C$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_1{=}3.66m$ ، $T_1{=}-28^{\circ}C$ ، $T_2{=}$ $39^{\circ}C$

التطبيق:

$\alpha{=}\frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$

$25{\times}10^{-6}{=}\frac{\Delta L}{3.66{\times}(39-(-28))}$

$\Delta L{=}25{\times}10^{-6}{\times}3.66{\times}67$

${=}0.006m$

النتيجة: الزيادة في طول القطعة 0.006 متر.

⋆ ومضة

لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

7.4.3 معامل التمدد الحجمي (β)

معامل التمدد الحجمي يساوي التغير في الحجم مقسوما على الحجم الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T} \qquad (7.15)$$

وحدة التمدد الطولي والحجمي $\frac{1}{C}$ أو C^{-1} .

أمثلة على التمدد الطولي والحجمي

- توضع مادة السيلكون الطري بين رخام المطاف في الحرم لكي لا يتفتت عند تمدده.
- تمدد الجسور ولهذا تترك فواصل على شكل فجوات صغيرة.
- ترك فراغات بين قضبان السكك الحديدية لكي لا تتقوس بالحرارة.
- زجاج الأفران والمختبرات الذي يتمدد بأقل ما يمكن.
- الثيرموستات الذي ينظم عمل البرادات والسخانات.
- تقلص النجوم عندما تبرد وتحولها لثقوب سوداء.

مثال 7.4.49 السؤال

سائل حجمه $400ml$ ودرجة حرارتها $4.4°C$، كم يزداد حجمه عندما تصبح درجة حرارته $30°C$ ، حيث معامل تمدده الحجمي $\beta{=}210{\times}10^{-6}C^{-1}$؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1{=}400ml$ ، $T_1{=}4.4^{\circ}C$ ، $T_2{=}$ $30^{\circ}C$

التطبيق:

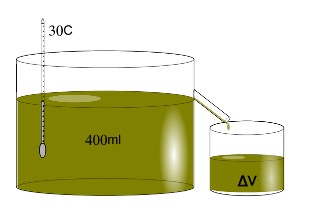
$\beta{=}\frac{\Delta V}{V_1 \Delta T}$

$210{\times}10^{-6}{=}\frac{\Delta V}{400{\times}(30-4.4)}$

$\Delta V{=}210{\times}10^{-6}{\times}400{\times}25.6$

${=}2.15ml$

النتيجة: التغير في الحجم يساوي 2.15 ملي لتر.



شكل 7.15: التمدد الحجمي

7.5 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- غاز حجمه $40cm^3$ ودرجة حرارته $280K$، أوجد حجم الغاز عندما نجعل درجة حرارته $350K$ مع ثبوت الضغط ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=40cm^3$ ، $T_1=280^{\circ}K$ ، $T_2=350^{\circ}K$

التطبيق:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{40}{280}=\frac{V_2}{350}$$

$$V_2=\frac{40\times350}{280}=50cm^3$$

2- عند إنشاء الأبنية المسلحة يراعى أن يكون تمدد قضبان الحديد مساوي لتمدد خليط الخرسانة، وذلك لمنع تفتت أعمدة المبنى بفعل تغير درجة الحرارة في الليل والنهار، والصيف والشتاء، احسب تمدد قضيب حديد طوله 4 أمتار عند تغير درجة حرارته من $20^{\circ}C$ إلى $40^{\circ}C$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_1=4m$ ، $T_1=20^{\circ}C$ ، $T_2=40^{\circ}C$

التطبيق:

$$\alpha=\frac{\Delta L}{L_1\Delta T}$$

$$1.1\times10^{-5}=\frac{\Delta L}{4\times(40-20)}$$

$$\Delta L=1.1\times10^{-5}\times4\times20$$

3- إناء زجاجي حجمه 3 لتر، ممتليء تماما بالجلسرين، احسب كمية الجلسرين المنسكب من الاناء نتيجة زيادة درجة حرارته 50 درجة مئوية ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=3L$ ، $\Delta T=20^{\circ}C$ ، $\beta_{\text{جلسرين}}=53\times10^{-5\circ}C^{-1}$ ، $\beta_{\text{زجاج}}=83\times10^{-7\circ}C^{-1}$

التطبيق:

$$\beta=\frac{\Delta V}{V_1\Delta T}$$

$$\Delta V_{\text{جلسرين}}-\Delta V_{\text{زجاج}}=(\beta_{\text{ج}}-\beta_{\text{ز}})V\Delta T$$

$$=(53\times10^{-5}-83\times10^{-7})\times3\times50$$

$$=0.078L$$

4- يبلغ قطر الشريان الأبهر (الأورطي) $2.5cm$ ، وسرعة تدفق الدم فيه $0.4m/s$ ، ويتفرع إلى 18 شريان فرعي، نفترض أن نصف قطر كل واحد منها $0.45cm$ ، احسب سرعة تدفق الدم في كل شريان فرعي ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=0.4m/s$ ، $r_1=1.25cm$ ، $r_2=0.45cm$

التطبيق:

مساحة المقطع $$A_1=\pi r^2$$

$$=\pi\times0.0125^2=49\times10^{-5}m^2$$

$$A_2=\pi\times0.0025^2=6.36\times10^{-5}m^2$$

التدفق $$\rho A_1V_1=\rho A_2V_2$$

$$49\times10^{-5}\times0.4=18\times6.36\times10^{-5}\times V_2$$

$$V_2=0.17m/s$$

5- وحدة ضغط الغاز هي:

ا) m/K

ب) C^{-1}

ج) N

د) Pa ✓

6- لماذا توجد مسافة بين السكك الحديدية .... القضبان :

ا) السماح بتقلص

ب) السماح بتبريد

ج) زيادة سماكة

د) السماح بتمدد ✓

7- إذا وقف شخص على رجل واحدة، فإن وزنه وضغط رجله على الأرض :

ا) ثابتان

ب) الوزن ثابت والضغط يزداد ✓

ج) الوزن يزداد والضغط ثابت

د) الوزن يقل والضغط يقل

8- يعتمد المكبس الهيدروليكي على ..... :

ا) مبدأ باسكال ✓

ب) مبدأ أرخميدس

ج) قانون نيوتن

د) الخاصية الأسموزية

9- الموائع هي ؟

ا) الجامد والغاز

ب) الجامد والسائل

ج) الغاز والسائل ✓

د) الغاز والبلازما

10- أكبر الموائع التالية لزوجة ؟

ا) العسل

ب) اللابة ✓

ج) الماء

د) الكحول

11- إذا كانت نسبة القوتين في طرفي مكبس هيدروليكي 3:8 فإن نسبة مساحتي طرفيه لبعضهما هي ؟

ا) 3:8 ✓

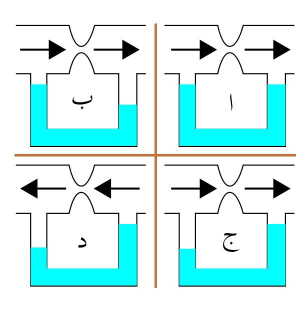
ب) 1:2

ج) 4:2

د) 1:1

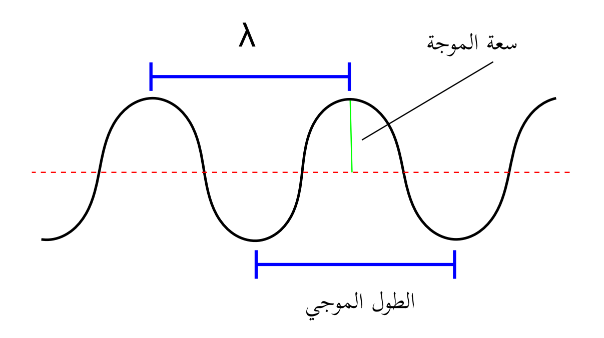
التدريبات **عدد من الأسئلة للمراجعة**

12- بناء على مبدأ برنولي أي الرسومات التالية صحيح ؟ ج



8

الاهتزازات والموجات



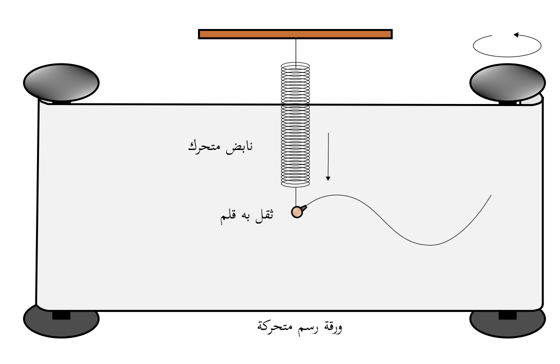
- الحركة الموجية
- قانون هوك
- الموجات

مقدمة

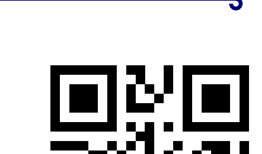
8.1 الحركة الاهتزازية

الحركة الاهتزازية هي حركة تتكرر في دورة منتظمة.
الحركة التوافقية البسيطة هي حركة تتناسب فيها إزاحة الجسم طرديا مع القوة التي تعيد الجسم لموضع إتزانه.

8.1.1 النابض



شكل 8.1: موجة النابض



حين يتحرك النابض حركة توافقية بسيطة فإنه يرسم موجة لها قمة وقاع وتعرف بموجة الجيب (Sin) ، وحركة النابض نفسه للأعلى والأسفل عبارة عن موجة طولية مكونة من سلسلة من التضاغطات والتخلخلات.

8.1.1.1 قانون هوك

إنّ مقدار التَّغير في طول النّابض- الزّنبرك- يتناسب تناسباً طرديًّا مع مقدار القوّة المؤثرة على النّابض.

$$F = -kx \tag{8.1}$$

حيث F القوة التي يؤثر بها النابض، k ثابت النابض، x الإستطالة أو الانضغاط في النابض.

مثال 8.1.50 السؤال

علقنا ثقل مقداره $2450N$ في طرف نابض فأستطال $0.5m$ ، احسب ثابت النابض؟



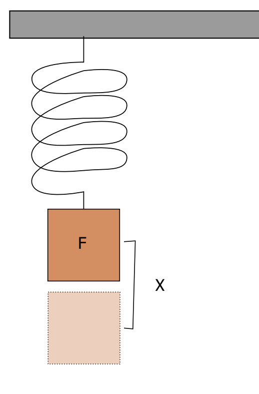
تعيين المعطيات: F=2450N ، x=0.5m

التطبيق:

$$k=\frac{F}{x}$$

$$=\frac{2450}{0.5}=4900N/m$$

النتيجة: ثابت النابض تساوي 4900 نيوتن/متر.



شكل 8.2: قانون هوك

8.1.1.2 طاقة الوضع المرونية للنابض

$$PE_{\text{النابض}} = \frac{1}{2}kx^2 \tag{8.2}$$

حيث PE طاقة الوضع المرونية للنابض، k ثابت النابض، x الإستطالة أو الانضغاط في النابض.
والطاقة الميكانيكية الكلية = الطاقة الحركية + طاقة الوضع المرونية

$$E = \frac{1}{2}ka^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \tag{8.3}$$

وعند أدنى وأعلى نقطة الطاقة الحركية $KE{=}\frac{1}{2}mv^2{=}0$
حيث KE الطاقة الحركية، a السعة القصوى لحركة النابض.

مثال 8.1.51 السؤال

تم تعليق ثقل في نابض معامله $10N/m$ فكانت أقصى استطاله له $32cm$، أوجد طاقة الوضع فيه عند $32cm$ ثم احسب طاقة الوضع وطاقة الحركة عند $12cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K{=}10N/m$ ، $x{=}32cm$

التطبيق: - حساب طاقة الوضع عند $32cm$:

$$PE{=}\frac{1}{2}kx^2$$

$$={\frac{1}{2}}\times10\times0.32^2{=}0.51J$$

- حساب طاقة الوضع عند $12cm$:

$$PE{=}\frac{1}{2}kx^2$$

$$={\frac{1}{2}}\times10\times0.12^2{=}0.072J$$

حساب طاقة الحركة عند $12cm$:

$$KE_{\text{طاقة الحركة}}{=}PE_{32cm}{-}PE_{12cm}$$

$$=0.51{-}0.072{=}44J$$

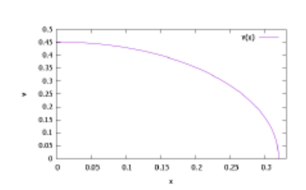
النتيجة: الطاقة الحركية للجسم عند $12cm$تساوي 44 جول.

8.1.1.3 سرعة النابض عند نقطة معينة

$$v=\pm\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{a^2-x^2} \tag{8.4}$$

حيث v سرعة النابض، k ثابت النابض، m كتلة النابض، a السعة القصوى لحركة النابض، x الازاحة أو الاستطالة عند النقطة الحالية.
ولحساب السرعة القصوى للنابض

$$v_{\text{القصوى}}{=}\pm\sqrt{\frac{k}{m}}\times a$$



شكل 8.3: السرعة - السعة

مثال 8.1.52 السؤال

من المثال السابق احسب سرعة النابض عند $32cm$ و $12cm$ علما أن كتلة الثقل المعلق في النابض $5kg$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m{=}5Kg$

التطبيق: - حساب السرعة عند $0.32m$:

$$v_{\text{القصوى}}{=}\sqrt{\frac{k}{m}}\times a$$

$$=\sqrt{\frac{10}{5}}\times0.32{=}0.45m/s$$

- حساب السرعة عند $0.12m$:

$$v{=}\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{a^2{-}x^2}$$

$$v{=}\sqrt{\frac{10}{5}}\times\sqrt{0.32^2{-}0.12^2}$$

$$=0.42m/s$$

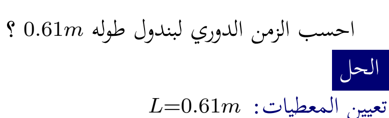
النتيجة: سرعة النابض عندهما $0.45m/s$ و $0.42m/s$ على التوالي.

8.1.2 البندول

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{8.5}$$

حيث T الزمن الدوري، l طول البندول، g تسارع الجاذبية الأرضية.

مثال 8.1.53 السؤال



احسب الزمن الدوري لبندول طوله $0.61m$ ؟



الحل

تعيين المعطيات: $L{=}0.61m$

التطبيق:

$$T{=}2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$={2\pi}\sqrt{\frac{0.61}{9.8}}{=}1.57s$$

النتيجة: الزمن الدوري للبندول يساوي 1.57 ثانية.

شكل 8.4: البندول

8.2 أنواع الموجات

الموجات هي انتقال للطاقة على شكل اهتزازات. فمن منا لم يشاهد ما تفعله أمواج البحر على صخور الشاطيء، إن سطح البحر يهتز على شكل موجات تحمل طاقة اكتسبيتها من الطاقة الحركية للرياح، أو من حركة صفائح الأرض في ظاهرة التسونامي.

8.2.1 الموجات الميكانيكية

الموجات الميكانيكة هي موجات تحتاج لوسط مادي لانتقالها.

الموجات الطولية هي موجات تهتز فيها جزيئات الوسط في نفس اتجاه انتشار الموجات. وتتكون الموجة الطولية من تضاغطات وتخلخلات.

الموجات المستعرضة هي موجات تهتز فيها جزيئات الوسط في اتجاه عمودي لاتجاه انتشار الموجات. وتتكون الموجة المستعرضة من قمم وقيعان.

الموجات السطحية هي موجات سطح الماء التي تهتز فيها جزيئات الوسط في الاتجاه الرأسي والافقي معا، فموجة البحر تتحرك للاعلى والاسفل وفي نفس الوقت تتحرك باتجاه الشاطيء وترتد عنه.

من الامثلة على الموجات الميكانيكية، إهتزاز النابض، حركة البندول، الاصوات (صوت الانسان، صوت الآلة، ......)، الشوكة الرنانة، حركة لعبة يستخدمها الأطفال مكونة من كرتين مربوطتين بحبل وتحرك بحيث تصطدم الكرتين مصدرة صوت عال.



شكل 8.5: الموجات السطحية[11]

8.2.2 الموجات الكهرومغناطيسية

الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات لا تحتاج لوسط مادي لانتقالها.

والموجات الكهرومغناطيسية كثيرة في حياتنا، منها موجات الهاتف الجوال، وموجات مايكرويف الطبخ، وموجات ضوء المصابيح، وموجات القنوات الفضائية، موجات الاشعة السينية X التي تستخدم لتصوير العظام المكسورة، وموجات الاشعة فوق البنفسجية التي تستخدم لتطهير المياه وأدوات الحلاقة في محلات الحلاقين، وموجات الأشعة تحت الحمراء في جهاز الريموت كنترول، وموجات أشعة الليزر، وموجات القيزر المستخدمة في حرب النجوم.

8.3 خصائص الموجات

الطول الموجي هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين أو أي نقطتين متتاليتين تتحركان بكيفية واحدة (لهما نفس الطور)، ورمزه لمدا λ.

الإزاحة هي بعد الجسم المهتز في أى لحظة عن مو ضع سكونه أو اتزانه الأصلي.

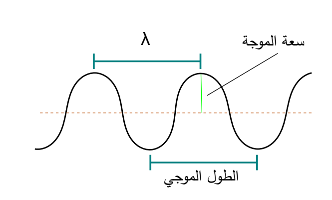
التردد هو عدد الاهتزازات التي يتمها الجسم في الثانية والواحدة، ورمزه نيو ν.

الطور هو الفرق الزاوي بين أي موجتين تتحركان على محور واحد.

الزمن الدوري هو الزمن اللازم لإتمام إهتزازة كاملة.

سعة الإهتزازة هي أقصى ازاحة تتحركها الموجة عن موضع سكونها، أو هى المسافة بين نقطتين في مسار حركتها وتكون سرعة إحداهما أقصاها وسرعة الأخرى منعدمة، أي هي أقصى إزاحة عمودية عن مركز الاهتزازة (عمودية على اتجاه الحركة في المستعرضة، وعمودية في اتجاه الحركة في الطولية).

سرعة الموجة هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال وحدة الزمن.



شكل 8.6: الطول الموجي

$$Tf = 1 \tag{8.6}$$

حيث T الزمن الدوري، f التردد.

$$v = \lambda f \tag{8.7}$$

حيث λ الطول الموجي، f التردد، v سرعة الموجة.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \tag{8.8}$$

حيث v سرعة الموجة في وتر، T الزمن الدوري، μ كتلة وحدة الاطوال من الوتر (الكثافة الطولية).

مثال 8.3.54 السؤال

احسب سرعة الموجة في وتر كتلة وحدة الاطوال له μ=0.015kg/m والزمن الدوري للموجة T=3s ؟


الحل

تعيين المعطيات: T=3s ،μ=0.015Kg/m

التطبيق:

$v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

$=\sqrt{\frac{3}{0.015}}$

$=\sqrt{200}=14.14m/s$

النتيجة: سرعة الموجة تساوي 14.14متر/ ثانية .

8.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- أثرت قوة مقدارها $12N$ على سلك زنبركي فأحدثت به إستطالة مقداره $15cm$، فما هي القوة اللازمة لإحداث إستطالة مقدارها $75cm$ على السلك ؟ [12]

الحل

تعيين المعطيات: $F_1=12N$ ، $x_1=15cm$ ، $x_2=75cm$

التطبيق:

$$\frac{F_1}{x_1}=\frac{F_2}{x_2}$$

$$\frac{12}{15}=\frac{F}{75}$$

$$F=\frac{12\times75}{15}$$

$$=60N$$

2- وحدة التردد هي:

ا) Hz ✓

ب) m/s

ج) s

د) m

3- جسم يهتز 60 مرة خلال 20 ثانية ، احسب تردده بالهيرتز :

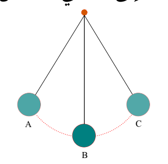
ا) 3 ✓

ب) 40

ج) 80

د) 1200

4- إذا انتقل الجسم من B إلى C في الشكل، فإن طاقة الوضع:



ا) تزداد ✓

ب) تقل

ج) تبقى ثابته

د) تساوي صفر

5- تشترك موجات الراديو والمايكرويف في جميع الخصائص عدا:

ا) تساويهما في الطول الموجي ✓

ب) أنها موجات كهرومغناطيسية

ج) أنها تنتقل في الفراغ

د) أنها تنتقل في الهواء

6- أشعة غاما عبارة عن :

ا) موجات كهرومغناطيسية ✓

ب) الكترونات

ج) جسيمات الفا

د) موجات طولية

7- كم الطول الموجي للوتر في الرسم التالي :

0.6m

ا) $1.2m$ ✓

ب) $0.6m$

ج) $3.6m$

د) صفر

8- الطول الموجي لموجة ترددها $50Hz$، وتسير بسرعة $100m/s$ ؟

ا) $2m$ ✓

ب) $150m$

ج) $0.5m$

د) $50m$

9- أي الترددات التالية لها الطاقة الأعلى:

ا) $25\times10^{12}Hz$ ✓

ب) $35\times10^{8}Hz$

ج) $10\times10^{11}Hz$

د) $8\times10^{12}Hz$

10- احسب الطول الموجي لموجة ترددها $25Hz$ ؟

ا) $0.04m$ ✓

ب) $25m$

ج) $12.5m$

د) $100m$

11- احسب تردد نابض يهتز 60 إهتزازة خلال $30s$ ؟ $f=\frac{\text{عدد الاهتزازات}}{t}$

ا) $2Hz$ ✓

ب) $90Hz$

ج) $30Hz$

د) $1800Hz$

12- في الموجات الكهرومغناطيسية :

ا) يقل التردد بزيادة الطول الموجي ✓

ب) يزداد التردد بزيادة الطول الموجي

ج) يزداد الطول الموجي بزيادة طاقتها

د) يقل التردد بزيادة طاقتها

13- إذا كان طول البندول يساوي تسارع الجاذبية الأرضية، فإن زمنه الدوري يساوي؟ $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ا) $0.5\pi s$

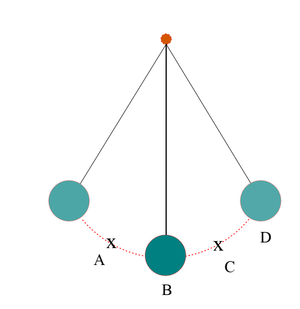
ب) πs

ج) $2\pi s$ ✓

د) $1.5\pi s$

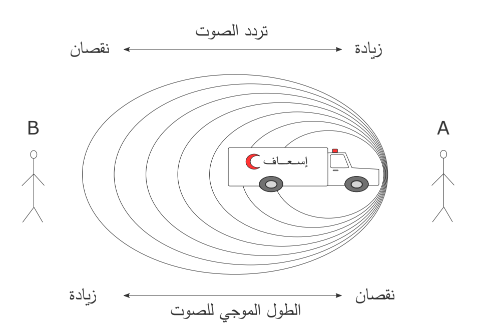
التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

14- عند أي نقطة تكون سرعة البندول صفر ؟ D



9

الصوت



- خصائص الصوت
- تأثير دوبلر
- الرنين في الاوتار والانابيب

مقدمة

الصوت هو موجات طولية تهتز في نفس اتجاه انتشار الموجة وتحتاج لوسط مادي لانتقالها.
ويسير الصوت على شكل كمات تسمى فونون *phonon* وتحسب طاقة الفونون بالقانون

$$E = h\nu \tag{9.1}$$

حيث E طاقة الفونون، و h ثابت بلانك، و ν التردد.

مثال 9.0.55 السؤال

احسب طاقة فونون موجة صوتية ترددها $12000Hz$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=6.625\times10^{-34}J.s$ ، $\nu=12000Hz$

التطبيق:

$$E=h\nu$$

$$=6.625\times10^{-34}\times12000$$

$$=7.95\times10^{-30}J$$

النتيجة: طاقة فونون الموجة الصوتية $7.95\times10^{-30}J$ ، لاحظ أن طاقته صغيرة جداً وهذه نعمة كبيرة، فلو كانت طاقته عالية، لما استطاع الفقير أو المريض أن يتكلم أو يسبح أو يقرأ القرآن لأن طاقة جسمه ستستنفد.

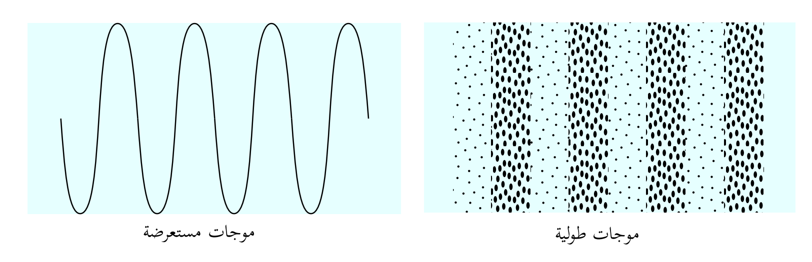
9.1 خصائص الصوت

9.1.1 الموجات الصوتية

الموجة الصوتية هي انتقال تغيرات الضغط خلال مادة.

الموجة الطولية هي إهتزاز جزيئات الوسط في نفس إتجاه انتشار الموجات.

الموجة المستعرضة هي إهتزاز جزيئات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجات.



شكل 9.1: أنواع الموجات

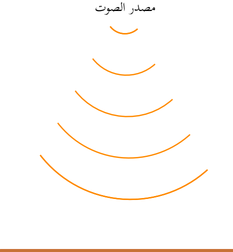
9.1.2 الكشف عن موجات ضغط الصوت

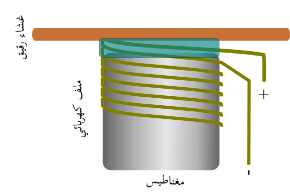
- في الطبيعة : الأذن البشرية

تقوم موجات الصوت الطولية بالضغط على طبلة الأذن فتتحرك للداخل، وهذا يحرك عظام المطرقة والسندان والركاب على التوالي، ومنها إلى الأذن الداخلية التي تحتوي عضو كورتي المسئول عن عملية السمع والذي يحتوي 15 الف خلية شعرية سمعية.

- في الأجهزة : الميكروفون

يحتوي المايك (اللاقط) على مغناطيس يحيط به ملف كهربائي، والملف ملصق بغشاء معدني أو بلاستيكي، فإذا وصل ضغط الموجة الصوتية إلى الغشاء فإنه يهتز محركا الملف حول المغناطيس، وهذا يولد تيار كهربائي صغير تستقبله الدائرة الكهربائية للاقط، ثم تضخمه للسماعة أو تحفظه كملف wav مثلا.





شكل 9.2: الميكروفون

9.1.2.1 حدة الصوت

حدة الصوت هي خاصية إدراكية تسمح بترتيب الأصوات حسب ترددها.

- ميرسن وجاليليو أول من توصلا إلى أن حدة الصوت تعتمد على تردد الاهتزاز.
- الإنسان العادي يسمع الترددات من 20 - 20000 هيرتز.
- عند سن 70 سنة لا يتمكن معظم الناس من سماع الترددات الأعلى من 8000 هيرتز.

وتسمى الترددات الأعلى من $20000Hz$ بالموجات فوق الصوتية $UltraSound$ والترددات الأقل من $20Hz$ بالموجات تحت السمعية $InfraSound$.

9.1.2.2 علو الصوت

يعتمد علو الصوت على سعة موجة الضغط في المقام الأول.
مدى ضغط الصوت المسموع بالاذن البشرية :

$$2\times10^{-5}Pa-20Pa$$

9.1.2.3 مستوى الصوت

مستوى الصوت (شدة الصوت) هو مقياس لوغاريتمي لتغيرات ضغط الصوت.
الديسبل عمليا هو كسب الجهد ويساوي $20log_{10}\frac{V_2}{V_1}$ ، أو معدل الكسب لأي شيء.

مثال 9.1.56 السؤال

احسب كسب الجهد الأقصى الذي نحصل عليه عند تركيبنا لسماعة جهدها الكهربائي $12V$ ، والجهد الكهربائي للاقط (المايك) $1.5V$ ؟

الحل

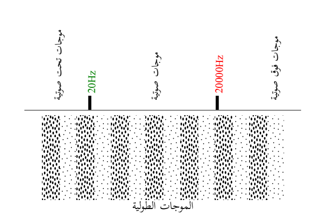
تعيين المعطيات: $V_1=1.5V$ ،$V_2=12V$

التطبيق:

$$A_v=20log_{10}(\frac{V_2}{V_1})$$

$$=20\times log_{10}(\frac{12}{1.5})=16.97db$$

النتيجة: إن مقدار كسب الجهد الأقصى الذي سنحصل عليه 17 ديسبل تقريبا من السماعة.



شكل 9.3: الموجات الطولية

- وحدة مستوى الصوت تسمى ديسبل db منحوتة من كلمة «ديسي» وتعني عُشر ($\frac{1}{10}$) ، وكلمة «بل» وهي وحدة مستوى الصوت الاساسية ومأخوذة من اسم مخترع الهاتف جراهام بل.
- أصغر صوت يمكن سماعه بصعوبة 0 ديسبل، و 60 ديسبل هو مستوى صوت الكلام العادي.
- أعلى مستوى صوت يمكن سماعه بدون ضرر للأذن 99 ديسبل.
- التعرض المستمر لمستوى صوت 100 ديسبل أو أكبر يؤدي إلى ضرر دائم لحاسة السمع.

9.2 سرعة الصوت

تتأثر سرعة الصوت بعوامل عدة منها درجة الحرارة وكثافة المادة وضغطها، وتبلغ سرعته $331m/s$ عند درجة حرارة $1^{\circ}C$ وعند مستوى سطح البحر.

$$V_{\text{سرعة الصوت}} = 331 + 0.6 \times T_{\text{سلزيوس}} \qquad (9.2)$$

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \qquad \text{(معادلة نيوتن-لابلاس)}$$

حيث v سرعة الصوت، K معامل الحجم، ρ كثافة الوسط

معامل الحجم يعبر عن ممانعة المادة للضغط المنتظم عليها.

مثال 9.2.57 السؤال

1- موجة صوتية ترددها $200Hz$ ، احسب سرعتها وطولها الموجي في الهواء عند درجة حرارة $45°C$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: T=45°C

التطبيق:

$$V=331+0.6T$$

$$=331+27=358m/s$$

الطول الموجي $\lambda = \frac{V}{f}$

$$=\frac{358}{200}=1.79m$$

النتيجة: سرعة الصوت عند 45 سلزيوس تساوي 358 متر / ثانية وطوله الموجي 1.715 متر.

2- إذا وقفت عند طرف المكان السابق وصرخت، وسمعت الصدى بعد مرور $0.8s$ ، فما بعد السطح العاكس للصوت؟

الحل

تعيين المعطيات: t=0.8s

التطبيق:

$$d=V\times t$$

$$=358\times 0.4=143.2m$$

النتيجة: المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس للصوت تساوي 143.2 متر.

⋆ ومضة

لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

المادة	معامل الحجم Pa
الهواء	1.41×10^5
الزجاج	4×10^{10}
الماس	4.42×10^{11}
الماء	2.08×10^9

جدول 9.1: معامل الحجم لبعض المواد.

مثال 9.2.58 السؤال

احسب سرعة الصوت في الماء إذا علمت أن معامل الحجم للماء $2.08\times 10^9 Pa$ و كثافة الماء $1000Kg/m^3$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K=2.08\times 10^9 Pa$ ، $\rho=1000Kg/m^3$

التطبيق:

$$v=\sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

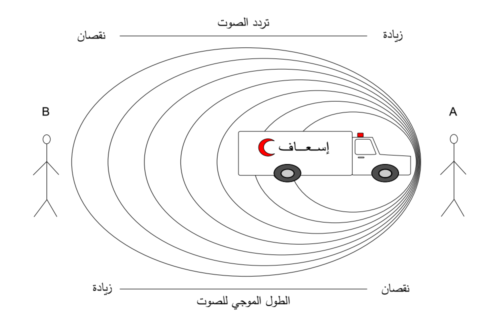
$$=\sqrt{\frac{2.08\times 10^9}{1000}}$$

$$=1442.2m/s$$

النتيجة: سرعة الصوت في الماء تساوي 1442.2 متر / ثانية.

9.3 تأثير دوبلر

هو تغير في تردد الصوت عند إقتراب مصدر الصوت أو ابتعاده عن المراقب (السامع).



شكل 9.4: تأثير دوبلر

قانون تأثير دوبلر

$$f_d = f_s(\frac{v - v_d}{v - v_s}) \quad (9.3)$$

حيث f_d التردد الواصل للمراقب، و f_s تردد المصدر، وv سرعة الصوت في الهواء، وv_d سرعة المراقب، وv_s سرعة المصدر.

مثال 9.3.59 السؤال

افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة $25m/s$ في اتجاه صفارة إنذار ساكنه، إذا كان تردد صوت الصفارة $365Hz$ ، فما التردد الذي ستسمعه، علما أن سرعة الصوت في الهواء $343m/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $f_s=365Hz$ ، $V_s=0$ ،$V_d=25m/s$ ، $V=343m/s$

التطبيق:

$$f_d=f_s(\frac{V-V_d}{V-V_s})$$

$$=365\times(\frac{343-(-25)}{343-0})$$

$$=391.6Hz$$

النتيجة: تردد الصوت الذي سيسمعه مستقبل الصوت يساوي 391.6 هيرتز.

⋆ ومضة

لحل مسائل تأثير دوبلر نتبع الخطوات التالية:
1- نكتب البيانات بحيث يكون المصدر على اليسار والمراقب على اليمين.
2- نحدد إشارة سرعة المصدر وسرعة المراقب بناء على إتجاه الحركة على المحور x ، حيث الاتجاه لليمين موجب والاتجاه لليسار سالب.
3- نعوض في قانون تأثير دوبلر.

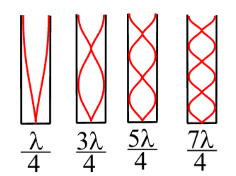
9.3.0.1 أمثلة على تأثير دوبلر

- رادار الطقس
- جهاز تصوير قلب الجنين بالموجات فوق الصوتية.
- دراسة المجرات وبُعد النجوم.
- الخفاش والدلفين.

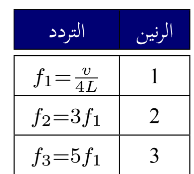
9.4 الرنين في الانابيب الهوائية والاوتار

9.4.1 الرنين في الانابيب الهوائية

9.4.1.1 الرنين في الانابيب الهوائية المغلقة



شكل 9.5: الأعمدة الهوائية المغلقة



الرنين	التردد
1	$f_1=\frac{v}{4L}$
2	$f_2=3f_1$
3	$f_3=5f_1$

جدول 9.2: تردد الرنين في الانابيب المغلقة


شكل 9.6: الشوكة الرنانة[1]

نحسب طول الانبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{4} \quad (9.4)$$

حيث n عدد فردي$[n=(2\times_{\text{الرنين}})-1]$: 1 ، 3 ، 5 ، 7 ، .....

مثال 9.4.60 السؤال

طول انبوب الهواء المغلق للرنين (5) يساوي :

الحل

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

طول الأنبوب $L = \frac{9\lambda}{4}$

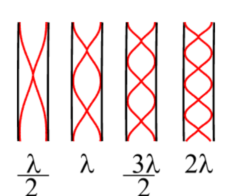
التطبيق:

$n=(2\times5)-1$

$=10-1=9$

النتيجة: طول الأنبوب عند الرنين الخامس يساوي $\frac{9\lambda}{4}$ متر.

9.4.1.2 الرنين في الانابيب الهوائية المفتوحة



شكل 9.7: الأعمدة الهوائية المفتوحة

الرنين	التردد
1	$f_1=\frac{v}{2L}$
2	$f_2=2f_1$
3	$f_3=3f_1$

جدول 9.3: تردد الرنين في الانابيب المفتوحة

نحسب طول الانبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{2} \quad (9.5)$$

حيث n عدد يساوي [$n=$الرنين]: 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، .....

مثال 9.4.61 السؤال

طول انبوب الهواء المفتوح للرنين (5) يساوي :

الحل

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

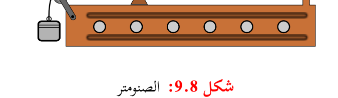
طول الأنبوب $L = \frac{5\lambda}{2}$

التطبيق:

$n=5$

النتيجة: طول الأنبوب عند الرنين الخامس يساوي $\frac{5\lambda}{2}$ متر.

9.4.1.3 الرنين في الاوتار



شكل 9.8: الصنومتر

قوانين ترددات واطوال الاوتار للرنين في الاوتار تشبه قوانين الرنين في الانابيب الهوائية المفتوحة.

تعتمد سرعة الموجة في الوتر على:



1) قوة الشد فيه. 2) كتلة وحدة الاطوال.

يستخدم جهاز الصنومتر لدراسة الأوتار في المختبر.

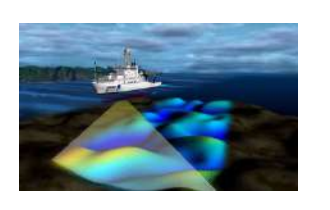
9.5 الموجات تحت الصوتية

الموجات تحت الصوتية هي موجات طولية ترددها أقل من 20 هيرتز

وتوجد هذه الترددات في الطبيعة لدى بعض الكائنات الحية مثل الفيل والزرافة وشيطان البحر (الرقيطة)، حيث تقوم الفيلة والزرافات بالتحادث مع بعضها باستخدام أصوات ترددها أقل من 20 هيرتز، في حين تتخاطب الرقيطات مع بعضها بموجات

تحت صوتية تحدثها ضربات أجنحتها، وتستخدم الموجات تحت الصوتية لدراسة الزلازل والاستكشافات البترولية وتخطيط ذبذبات القلب لدراسة ميكانيكية عمله.

9.6 الموجات فوق الصوتية



شكل 9.9: سونار[11]

الموجات فوق الصوتية هي موجات طولية ترددها أعلى من 20000 هيرتز
وتوجد هذه الترددات في الطبيعة لدى بعض الكائنات الحية مثل الدلافين والحيتان، كما يستخدمها الانسان في اداء بعض الوظائف مثل كاشفات الاعماق (سونار) في السفن والغواصات، كما تستخدم في تبخير الماء بدون تسخين في أجهزة الربو وفي بعض أجهزة تجفيف الشعر (الاستشوار)، و في أجهزة تفتيت حصوات الكلى، وأجهزة تفتيت الخلايا السرطانية (تجريبية).

9.7 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة $30m/s$ للشرق، وتتحرك سيارة إسعاف مبتعدة للغرب بسرعة $20m/s$، فإذا انطلق منبهها بتردد $400Hz$، فما التردد الذي ستسمعه علما بأن سرعة الصوت في الهواء $343m/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_d=30m/s$ ، $V_s=-20m/s$ ، $f_s=400$ ، $V=343m/s$

التطبيق:

$$f_d=f_s(\frac{V-V_d}{V-V_s})$$

$$=400\times(\frac{343-30}{343-(-20)})$$

$$=344.9Hz$$

2- احسب سرعة الصوت في الفولاذ إذا علمت أن معامل الحجم له $1.6\times10^{11}Pa$ وكثافته $7870Kg/m^3$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K=1.6\times10^{11}Pa$ ، $\rho=7870Kg/m^3$

التطبيق:

$$v=\sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$=\sqrt{\frac{1.6\times10^{11}}{7870}}$$

$$=4508.92m/s$$

3- وحدة مستوى الصوت هي:

ا) ديسبل ✓
ب) نيوتن
ج) هيرتز
د) متر

4- تتحرك سيارتان بنفس السرعة والإتجاه، فإذا كان تردد بوق السيارة الأولى $450Hz$ ، احسب تردد الصوت الذي يسمعه سائق السيارة الثانية، حيث سرعة الصوت $343m/s$:

ا) 450 ✓
ب) 343
ج) 230
د) 510

5- تستخدم الغواصات والسفن السونار لكشف الأعماق، فما هو نوع موجاته ؟

ا) تحت صوتية
ب) صوتية
ج) ليزر
د) فوق صوتية ✓

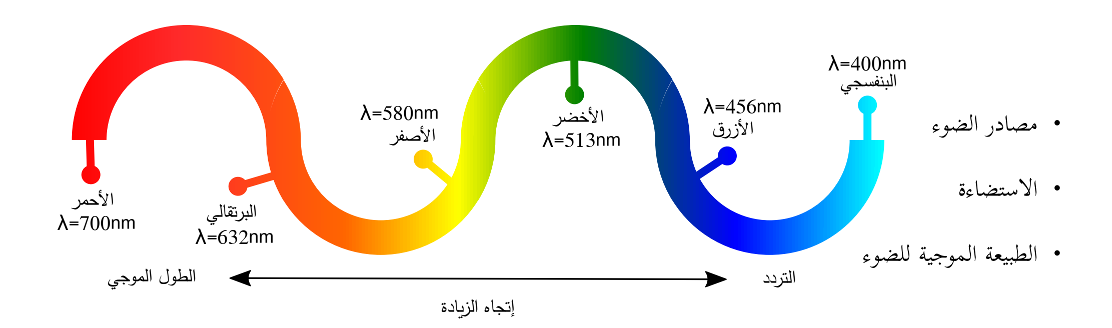
6- حيوان يستخدم الموجات تحت الصوتية في الاتصال مع جنسه ؟

ا) الأسد
ب) الزرافة ✓
ج) الحصان
د) الثور

10

أساسيات الضوء

- مصادر الضوء
- الاستضاءة
- الطبيعة الموجية للضوء



مقدمة

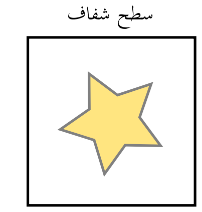
الضوء هو موجات كهرومغناطيسية مستعرضة ومرئية لها ترددها محصورة في المدى $400-700nm$.

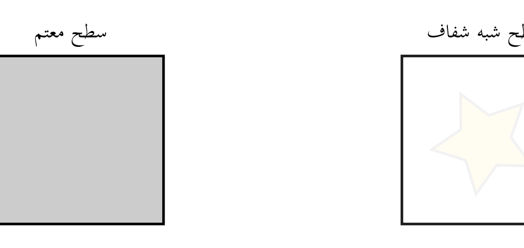
10.0.1 مصادر الضوء

مصادر الضوء تنقسم إلى قسمين:

1) مصدر مضيء وهو مصدر ينتج الضوء من ذاته، وينقسم إلى قسمين قسم ينتج الضوء نتيجة ارتفاع درجة حرارته مثل الشمس، وقسم آخر لا يحتاج لرفع درجة حرارته مثل مصابيح الفلوروسنت.

2) مصدر مُضاء هو مصدر يعكس الضوء من مصدر آخر مثل القمر.





شكل 10.1: أنواع الأسطح

أنواع الأسطح حسب مرور الضوء بها:
- اسطح شفافة تسمح بمرور الضوء ويمكن رؤية الاجسام من خلالها مثل زجاج النظارة.
- اسطح شبه شفافة تسمح بمرور بعض الضوء ويصعب رؤية الاجسام من خلالها مثل الورق الشفاف والزجاج الثلجي.
- اسطح معتمة لا تسمح بمرور الضوء ولا ترى الاجسام من خلالها، مثل الحديد.

10.0.2 الاستضاءة

⋆ هدف وجداني

إن استخدام مصابيح Led يوفر في الطاقة ويحافظ على البيئة.

الاستضاءة	الاستخدام
$80-170$	المستودعات
$200-300$	الورش
$500-700$	المكتبات والمختبرات
$1000-2000$	صيانة الاجهزة الدقيقة والرسم الهندسي

جدول 10.1: الاستضاءة

التدفق الضوئي

هو كمية الضوء الخارجة من المصدر الضوئي.

ووحدته اللومن lm هو مقدار الضوء الصادر عن شمعة معيارية ويسقط على سطح مساحته $1foot^2$ من مسافة $1foot$.

شدة الإضاءة

هي كمية الضوء الساقطة على سطح مساحته $1m^2$ من كرة نصف قطرها $1m$.

ووحدتها الشمعة cd ، وتعريف الشمعة cd : هي $\frac{1}{60}$ من الضوء الذي يولده $1cm^2$ من سطح معدن البلاتين المستوي في درجة حرارة تصلبه $6402°K$ في الاتجاه العمودي على السطح.

$$\text{شدة الإضاءة} = \frac{P}{4\pi} \quad (10.1)$$

حيث P التدفق الضوئي.

الاستضاءة

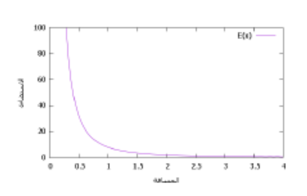
هي كمية الضوء الساقطة على نقطة تبعد عن المصدر مسافة معينة.

ووحدتها اللوكس أو lm/m^2 .

$$E = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (10.2)$$

$$\text{شدة الإضاءة} = Er^2$$

حيث E الاستضاءة، P التدفق الضوئي، r بعد الجسم عن مركز المصدر.



شكل 10.2: الاستضاءة

مثال 10.0.62 السؤال

إحسب استضاءة نقطة وضعت على بعد $2m$ من مصدر ضوئي التدفق الضوئي له $100cd$ ؟



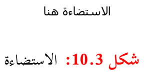
تعيين المعطيات: $P=100cd$ ، $r=2m$

التطبيق:

$$E=\frac{P}{4\pi r^2}$$

$$=\frac{100}{4\pi\times 2^2}=1.98lux$$

النتيجة: استضاءة النقطة التي تبعد 2 متر عن المصدر تساوي 1.98 لوكس.

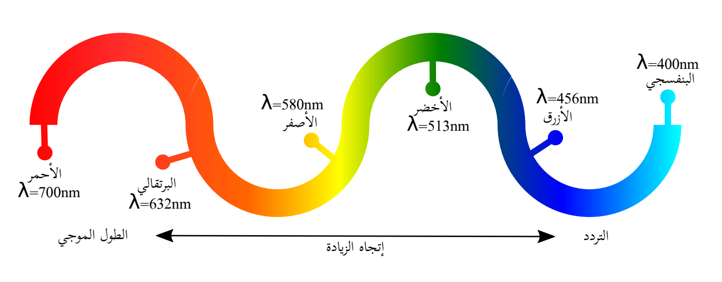


شكل 10.3: الاستضاءة

10.0.3 الطبيعة الموجية للضوء

سرعة الضوء تبلغ سرعة الضوء $3\times10^8 m/s$

الالوان



شكل 10.4: الوان الطيف للون الأبيض

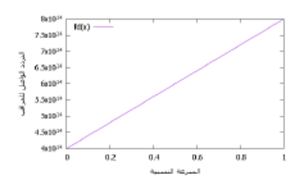
يتكون الضوء المرئي من موجات كهرومغناطيسية، وهو مجموعة من الألوان المختلفة في التردد والطول الموجي، وهذه الألوان محصوره بين اللون الأحمر واللون البنفسجي، وكلما غيرنا في تردد الموجة الكهرومغناطيسية ينتج لدينا لون جديد، الأحمر هو الأكبر في الطول الموجي لكنه الأصغر ترددا، والبنفسجي عكسه تماما، فهو الأعلى في التردد والأقل طولا موجيا.

استقطاب الضوء الاستقطاب هو سماح بعض المواد بنفاذ مركبة المجال الكهربائي ومنع مركبة المجال المغناطيسي للضوء.

$$I_2 = I_1 cos^2\theta \tag{10.3}$$

حيث I_2 شدة الضوء الخارج من المرشح الثاني، I_1 شدة الضوء الخارج من المرشح الأول، θ المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين.

وقد استطاع مالوس من استخدام ظاهرة الاستقطاب في إثبات أن الضوء عبارة عن موجات مستعرضة، لها قمة وقاع، وهذا الذي منع بعض الموجات من العبور، في حين لو كان الضوء موجات طوليه لاستطاعت كل الموجات من العبور من المادة المستقطبة.



شكل 10.5: الاستضاءة

تأثير دوبلر تأثير دوبلر هو تغير ظاهري للتردد و الطول الموجي للأمواج عندما ترصد من قبل مراقب متحرك بالنسبة للمصدر الموجي.

حيث يقل تردد الضوء عندما يكون المصدر الضوئي مبتعدا، ويزداد حين يكون المصدر الضوئي مقتربا، فانخفاض تردد الضوء الصادر من نجم ما، هو دليل في الغالب على أنه يسير مبتعدا عنا، ويقترب منا إن كان تردد ضوئه يزداد بمرور الوقت.

$$f_d = f_s(\frac{c-v_d}{c-v_s}) \Rightarrow f_d = f_s(1\pm\frac{v}{c}) \tag{10.4}$$

حيث f_d تردد الضوء الواصل للمراقب، f_s تردد الضوء الخارج من المصدر، v السرعة النسبية بين المصدر والمراقب، c سرعة الضوء، $\pm$ موجب للاقتراب وسالب للابتعاد.

مثال 10.0.63 السؤال

نجم يصدر ضوء أحمر تردده $f_s=400\times10^{12}Hz$ و ويقترب من الارض بسرعة تعادل 0.7 من سرعة الضوء $v_s=0.7C$ ، احسب تردد الضوء الذي يستقبله الراصد على الارض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $f_s=400\times10^{12}Hz$ ، $V_s=0.7c$

التطبيق:

$$f_d=f_s(1\pm\frac{v}{c})$$

$$=400\times10^{12}(1+\frac{0.7}{1})$$

$$=680\times10^{12}Hz$$

النتيجة: تردد الضوء الذي يستقبله الراصد يساوي 680×10^{12} هيرتز.

10.1 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب استضاءة نقطة وضعت على بعد $9m$ من مصدر ضوئي التدفق الضوئي له $350cd$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: P=$350cd$ ، r=$9m$

التطبيق:

$$E=\frac{P}{4\pi r^2}$$

$$=\frac{350}{4\pi\times 9^2}=0.344lux$$

2- نجم يصدر ضوء أصفر تردده f_s=$5.172\times10^{14}Hz$ و ويقترب من الارض بسرعة تساوي v_s=$2.6\times10^8m/s$ ، احسب تردد الضوء الذي يستقبله الراصد على الارض ؟

الحل

تعيين المعطيات: f_s=$5.172\times10^{14}Hz$ ، V_s=$2.6\times10^8m/s$

التطبيق:

$$f_d=f_s(1\pm\frac{v}{c})$$

$$=400\times10^{12}\times(1+\frac{0.866}{1})$$

$$=6.896\times10^{13}Hz$$

3- وحدة الاستضاءة هي:

ا) Lm
ب) Cd
ج) Lux ✓
د) J

4- أي الالوان التالية أكبر في الطول الموجي:

ا) البنفسجي
ب) الأحمر ✓
ج) الأخضر
د) الأصفر

5- أشعة جاما عبارة عن:

ا) فوتونات ذات طاقة عالية. ✓
ب) جسيمات موجبة
ج) جسيمات متفاوتة الشحنة
د) الكترونات تنبعث من النواة

6- لا يمكن لجسم أن يسبق ظله لأن الضوء :

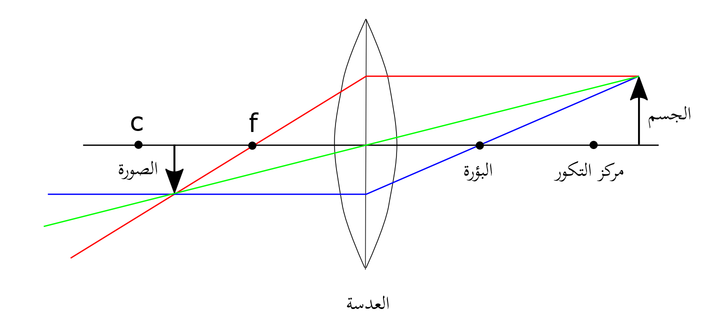
ا) سرعته عالية. ✓
ب) خطوطه مستقيمة
ج) طاقته عالية
د) لونه أبيض

7- اللون المتمم للون الأصفر :

ا) الابيض
ب) الأخضر
ج) الأحمر
د) الأزرق ✓

11

المرايا والعدسات



- قوانين الانعكاس والانكسار
- العدسات الكروية
- المرايا الكروية

مقدمة

الضوء : هو عبارة عن حزم من الجسيمات الكمية تسمى فوتونات.

11.1 خصائص الضوء

11.1.1 سرعة الضوء

تبلغ سرعة الضوء $3\times10^{8}m/s$.

يتم حساب سرعة الضوء[1] بالقانون:

$$C=\frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$$

حيث μ_0 ثابت النفاذية في الفراغ (ثابت النفاذية المغناطيسية)، ε_0 ثابت السماحية الكهربائية.

مثال 11.1.64 السؤال

احسب سرعة الضوء باستخدام ثابت السماحية الكهربائية وثابت النفاذية المغناطيسية؟

الحل

تعيين المعطيات: $\mu_0=4\pi\times10^{-7}H/m$ ، $\varepsilon_0=8.854\times10^{-12}Farad/m$

التطبيق:

$$C=\frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$$

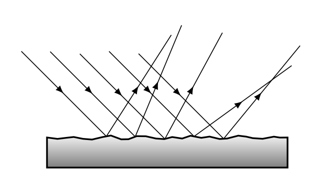
$$=\frac{1}{\sqrt{4\pi\times10^{-7}\times8.854\times10^{-12}}}$$

$$=3\times10^{8}m/s$$

النتيجة: سرعة الضوء في الفراغ $3\times10^{8}m/s$.

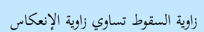
11.1.2 قانون الانعكاس

تنقسم الأسطح التي يسقط عليها الضوء إلى أسطح مصقولة تعكس أشعة الضوء الساقطة عليها بشكل متوازي وأسطح غير مصقولة تشتت أشعة الضوء عند سقوطها عليها، عند سقوط أشعة الضوء على سطح مصقول وشفاف، نجد أن جزء منها ينعكس وجزء ينفذ منكسراً وجزء يمتص.



شكل 11.1: السطوح غير المصقولة

إنعكاس الضوء: إرتداد الضوء عن سطح مصقول.



زاوية السقوط تساوي زاوية الإنعكاس

$$\theta_1=\theta_2 \qquad (11.1)$$

θ_1 زاوية السقوط و θ_2 زاوية الإنعكاس.

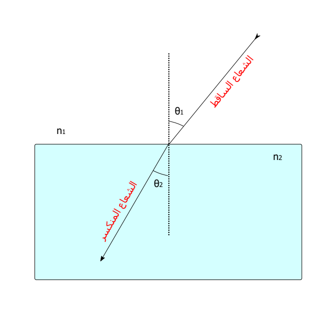
شكل 11.2: قانون الانعكاس الاول

11.1.3 قانون الانكسار

إنكسار الضوء[2]: عند إنتقال الشعاع الضوئي من وسط لآخر فإنه ينفذ للوسط الآخر مقتربا أو مبتعدا عن العمود المقام على الفاصل بين الوسطين.

$$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{v_1}{v_2} \qquad (11.2)$$

حيث n معامل الإنكسار و θ_1 زاوية السقوط و θ_2 زاوية الإنكسار.



شكل 11.3: انكسار الضوء

اقتراب وابتعاد الشعاع المنكسر من العمود المقام على الوسط الفاصل:

- ينكسر الضوء مقتربا إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أقل إلى وسط ذي معامل إنكسار أكبر ($n_1<n_2$).
- ينكسر الضوء مبتعدا إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أكبر إلى وسط ذي معامل إنكسار أقل ($n_1>n_2$).

[1] شرح تجربة مايكلسون لحساب سرعة الضوء في فصل النظرية النسبية.

[2] يسمى قانون سنل أو قانون ديسكرايتس

مثال 11.1.65 السؤال

سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء فانكسر في الماء بزاوية 25 درجة، أوجد زاوية السقوط؟

الحل

تعيين المعطيات: $n_1=1$ ، $n_2=1.333$

التطبيق:

$$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}$$

$$1\times sin\theta=1.333\times sin25$$

$$sin\theta=0.562$$

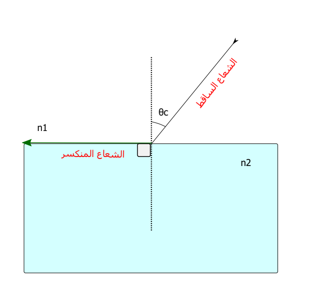
$$\theta=sin^{-1}(0.562)=34.19^{\circ}$$

النتيجة: زاوية سقوط الشعاع الضوئي تساوي 34.19 درجة.

ويحسب معامل الانكسار المطلق n بقسمة سرعة الضوء في الفراغ على سرعته في المادة $n=\frac{C}{v}$.

11.1.4 الزاوية الحرجة

هي زاوية السقوط التي يقابلها زاوية انكسار 90 درجة، وتوجد فقط إذا انتقل الشعاع الضوئي من وسط أعلى في معامل إنكساره إلى وسط أقل في معامل إنكساره.



شكل 11.4: الزاوية الحرجة

$$\theta_c = sin^{-1}(\frac{n_2}{n_1}) \qquad (11.3)$$

حيث θ_c الزاوية الحرجة و n_1 معامل إنكسار الوسط الأول و n_2 معامل إنكسار الوسط الثاني.

المادة	n
الهواء	1.00293
الماء	1.333
الماس	2.419

جدول 11.1: معامل الانكسار لبعض المواد الشفافة.

وإذا سقط الشعاع الضوئي على السطح الفاصل بين وسطين شفافين فإنه:

- ينعكس إذا كانت زاوية سقوطه أكبر من الزاوية الحرجة ، عندما ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أكبر إلى وسط ذي معامل إنكسار أقل $(n_1>n_2)$.
- ينكسر إذا كانت زاوية سقوطه أصغر من الزاوية الحرجة ، عندما ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أكبر إلى وسط ذي معامل إنكسار أقل $(n_1>n_2)$.
- ينكسر دائما عندما ينتقل من وسط ذي معامل إنكسار أقل إلى وسط ذي معامل إنكسار أكبر $(n_1<n_2)$ ولا توجد له زاويه حرجة.
- إذا كانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي أقل من الزاوية الحرجة فإن الشعاع ينكسر.
- إذا كانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي أكبر من الزاوية الحرجة فإن الشعاع ينعكس.
- إذا كانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي مساوية للزاوية الحرجة فإن الشعاع ينكسر منطبقا على الخط الفاصل بين الوسطين.

مثال 11.1.66 السؤال

احسب الزاوية الحرجة للماء إذا كان الوسط الثاني هو الفراغ؟

الحل

تعيين المعطيات: $n_1=1.33$ ، $n_2=1$

التطبيق:

$$\theta_c=sin^{-1}(\frac{n_2}{n_1})$$

$$=sin^{-1}(\frac{1}{1.333})=48.6^{\circ}$$

النتيجة: الزاوية الحرجة للماء تساوي 48.6° .

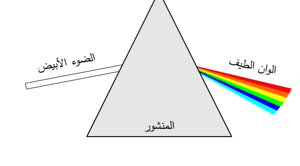
ويمكن حساب معامل الانكسار المطلق n بدلالة الزاوية الحرجة $n=\frac{1}{sin\theta_c}$. ومن الطرائف حول الزاوية الحرجة أن الماس يملك زاوية حرجة صغيرة تبلغ 19 تقريبا، وهذا يعني أن الضوء إذا اخترق سطح الماس فإنه يصبح غير قادر على الخروج منه، فيستمر في الاصطدام بالجدار الداخلي للماس محدثا التوهج المعروف للماس، حيث يتطلب خروج الضوء أن يسقط بزاوية أقل من 19 درجة وهذا يمثل $\frac{19}{90}$ ، أي 1 من كل 5 أشعة يستطيع الخروج، وهذا ما يجعل الماس غاليا لتوهجه، ويجعل الصاغة يقطعونه بشكل مضلع.

11.2 المنشور

المنشور هو جسم شفاف له خمسة أوجه، وربما لو قسناه على المستطيل والمربع لقلنا هو مجسم المثلث (مجسم المستطيل يسمى متوازي مستطيلات ومجسم المربع يسمى مكعب).

من فوائد المنشور:

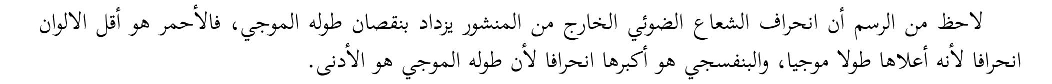
- تحليل الضوء الابيض إلى الوان الطيف السبعة.
- تغيير اتجاه الضوء مثل استخدامه في المنظار المقرب ونظارة قوقل ومنظار الغواصة.
- التعرف على تركيب المواد الساخنة عن طريق طيف الضوء الصادر عنها، ومعرفة الغازات على أسطح النجوم (راجع فصل الفيزياء الذرية).



شكل 11.5: المنشور

⋆ هدف وجداني

عند سقوط اشعة الشمس على قطرات المطر المعلقة في الهواء يتكون قوس من الوان الطيف، ويسمى خطأً بقوس قزح (قزح هو الشيطان)، والصحيح أن يسمى قوس المطر.

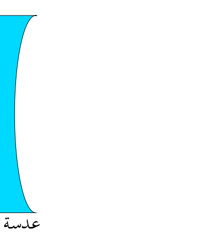


لاحظ من الرسم أن انحراف الشعاع الضوئي الخارج من المنشور يزداد بنقصان طوله الموجي، فالأحمر هو أقل الالوان انحرافا لأنه أعلاها طولا موجيا، والبنفسجي هو أكبرها انحرافا لأن طوله الموجي هو الأدنى.



11.3 العدسات الكروية

العدسات الكروية هي أجسام شفافة لها اسطح جانبية كروية الشكل، فإذا كان تكور السطح إلى الداخل فإننا نسميها عدسة مقعرة وإذا كان تكور السطح إلى الخارج نسميها عدسة محدبة.



شكل 11.6: أنواع العدسات

11.3.1 العدسات المحدبة



شكل 11.7: عدسة محدبة تجمّع الضوء وتركزه في نقطة تسمى البؤرة.[11]

العدسات المحدبة تسمى بهذا الأسم لأن سطحها محدب إلى الخارج وتسمى أيضا بالعدسات المجمعة لأنها تعمل على تجميع الضوء وتركيزه لكي يمر في البؤرة، وعند وضع جسم أمام العدسة المحدبة تتكون له صورة تختلف في موضعها وإعتدالها وحقيقيتها بحسب موضع الجسم، لهذا يتم وصف حالة الصورة بثلاث صفات (صفة واحدة من كل عمود في الجدول التالي):

الصفة الأولى	الصفة الثانية	الصفة الثالثة
حقيقية	مقلوبة	مكبرة
خيالية	معتدلة	مساوية
-	-	مصغرة

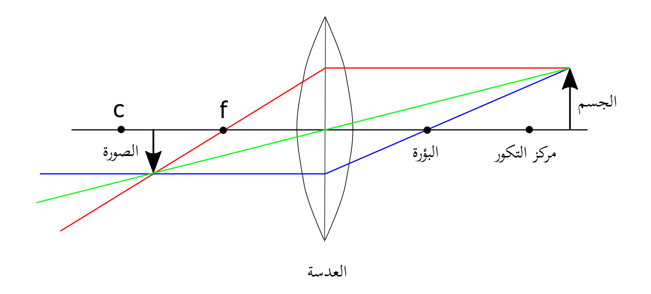
جدول 11.2: صفات الصور في العدسات

⋆ طرفة علمية

يمكن استخدام العدسات المحدبة لإشعال النار، حيث يتجمع ضوء الشمس في البؤرة.

⁎ مكبرة: الصورة أكبر من الجسم، مصغرة: الصورة أصغر من الجسم، مساوية: الصورة تساوي الجسم، مقلوبة: إتجاه رأس الصورة عكس إتجاه رأس الجسم، معتدلة: رأس الصورة في اتجاه رأس الجسم، حقيقية: يمكن استقبال الصورة على حائل ورقي (هندسيا العدسة بين الجسم والصورة)، خيالية: لا يمكن استقبال الصورة على حائل (هندسيا الجسم والصورة معا في يمين أو يسار العدسة).

لرسم الصور في العدسات المحدبة نحتاج إلى رسم خطين على الاقل من ثلاثة خطوط:



شكل 11.8: رسم الصورة


⋆ ومضة

عدسة فرنيل هي صورة مضغوطة من العدسات المحدبة وذات كفاءة عالية.

1) خط يخرج من رأس الجسم ويمر في قطب المرآة بشكل مستقيم.

2) خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينكسر مواز لمحور العدسة.

3) خط يخرج من الرأس ويسير مواز لمحور العدسة وينكسر ماراً بالبؤرة.

حالات تكون الصور في العدسات:

	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
1	في الما لا نهاية	في البؤرة	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
2	خلف مركز التكور	بين البؤرة ومركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
3	عند مركز التكور	عند مركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومساوية	
4	بين البؤرة ومركز التكور	خلف مركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	

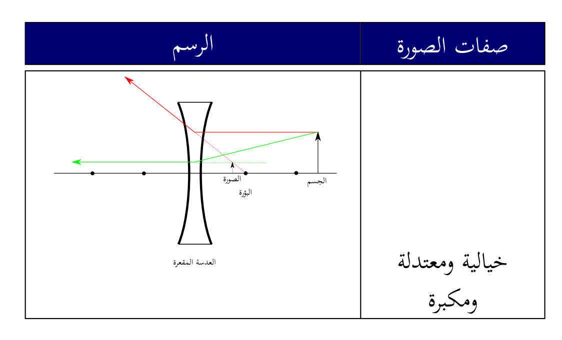
جدول 11.3: حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 1

	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
5	في البؤرة	ففي المالا نهاية	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
6	بين البؤرة والقطب	خلف الجسم	خيالية ومعتدلة ومكبرة	

جدول 11.4: حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 2

11.3.2 العدسات المقعرة

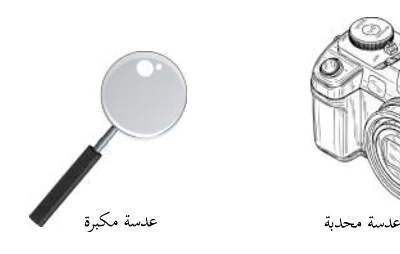
العدسات المقعرة تسمى بهذا الأسم لأن سطحها مقعر إلى الداخل وتسمى أيضا بالعدسات المفرقة لأنها تعمل على تفريق الضوء وتشتيته، وعند وضع جسم أمام العدسة المقعرة تتكون له صورة لا تختلف في صفاتها ولا تتغير بتغير موضع الجسم، فهي دائما خيالية ومعتدلة ومصغرة.

صفات الصورة	الرسم
خيالية ومعتدلة ومكبرة	

جدول 11.5: حالات تكون الصور في العدسات المقعرة

11.3.3 تطبيقات على العدسات

تستخدم العدسات بشكل واسع في حياتنا اليومية، فالعدسات المحدبة تستخدم في النظارة الطبية (طول النظر) والكاميرا والبروجكتر والعدسة المكبرة المفردة وعدسات مصابيح بعض السيارات ، كما تستخدم في التلسكوب والمجهر وعين الانسان، اما العدسات المقعرة فتستخدم في في النظارة الطبية (قصر النظر) وخطوط المساحة الليزرية.



شكل 11.10: تطبيقات على العدسات

العدسة

شكل 11.9: العين

⋆ **طرفة علمية**

كان الفيزيائي الحسن بن الهيثم يستخدم صندوقا لتكوين الصور داخله وسماه القمرة، ومنها اشتق مسمى الكميرا

11.4 القانون العام للعدسات والمرايا

سمي بالقانون العام لأنه يشمل العدسات والمرايا، ويتميز بالسهولة إذا تم التعويض بشكل جيد.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \tag{11.4}$$

حيث f البعد البؤري، d_o بعد الجسم عن مركز العدسة أو المرآة، d_i بعد الصورة عن مركز العدسة أو المرآة.

ويجب وضع الإشارة الصحيحة أثناء التعويض في القانون حسب الجدول التالي:

	f		d_o		d_i	
	+	-	+	-	+	-
عدسة محدبة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية
عدسة مقعرة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة محدبة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة مقعرة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية

جدول 11.6: إشارات القانون العام للعدسات والمرايا

11.4.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

$$A = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o} \tag{11.5}$$

حيث A تكبير الصورة، h_o ارتفاع الجسم، h_i ارتفاع الصورة، والاشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.

$A>1$	$A=1$	$A<1$
الصورة مكبرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مصغرة

جدول 11.7: قيم تكبير العدسة

⋆ ومضة

لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

مثال 11.4.67 السؤال

إذا وضع جسم على بعد 10 سنتمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $d_o=10cm$ ، $f=4cm$

التطبيق:

(حساب بعد الصورة)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{4}=\frac{1}{10}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{4}-\frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{di}=\frac{3}{20}$$

$$di=\frac{20}{3}=6.66cm$$

(حساب تكبير الصورة)

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{6.66}{10}=-0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وتبعد 6.66 سنتمتر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

مثال 11.4.68 السؤال

يقف رجل على بعد 3 أمتار من عدسة مقعرة بعدها البؤري 200 سنتمتر ، فأوجد بعد الصورة عن العدسة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $f{=}2m$ ، $d_o{=}3m$

التطبيق:

(حساب بعد الصورة)

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{d_i}$$

$$\tfrac{1}{d_i}{=}\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{3}$$

$$\tfrac{1}{di}{=}\tfrac{1}{6}$$

$$di{=}\tfrac{6}{1}{=}6m$$

(حساب تكبير الصورة)

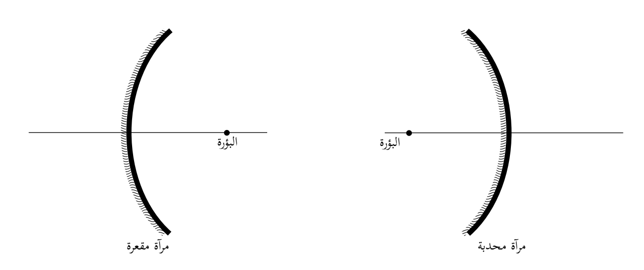
$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A{=}-\tfrac{6}{3}{=}-2$$

النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وتبعد 6 سنتمتر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

11.5 المرايا الكروية

المرايا الكروية هي أسطح مصقولة كروية الشكل، فإذا كان تكور السطح إلى الداخل فإننا نسميها مرآة مقعرة وإذا كان تكور السطح إلى الخارج نسميها مرآة محدبة.



شكل 11.11: أنواع المرايا

11.5.1 المرايا المقعرة

المرايا المقعرة تسمى بهذا الأسم لأن سطحها مقعر ومنحني إلى الداخل وتسمى أيضا بالمرايا المجمعة لأنها تعمل على تجميع الضوء وتركيزه في البؤرة، وعند وضع جسم أمام المرآة المقعرة تتكون له صورة تختلف في موضعها وإعتدالها وحقيقيتها بحسب موضع الجسم، لهذا يتم وصف حالة الصورة بثلاث صفات (صفة واحدة من كل عمود في الجدول التالي):

* مكبرة: الصورة أكبر من الجسم، مصغرة: الصورة أصغر من الجسم، مساوية: الصورة تساوي الجسم، مقلوبة: إتجاه رأس الصورة عكس إتجاه رأس الجسم، معتدلة: رأس الصورة في اتجاه رأس الجسم، حقيقية: يمكن استقبال الصورة على حائل ورقي (هندسيا الجسم والصورة معا في يمين أو يسار المرآة) ، خيالية: لا يمكن استقبال الصورة على حائل (هندسيا المرآة بين الجسم والصورة).

⋆ طرفة علمية

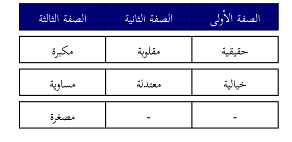
يمكن استخدام قاعدة علب المشروبات الغازية لإشعال النار، فهي مرايا مقعرة تجمع ضوء الشمس في البؤرة.

لرسم الصور في المرايا المقعرة نحتاج إلى رسم خطين على الاقل من ثلاثة خطوط:

1) خط يخرج من رأس الجسم ينعكس عن قطب المرآة بزاوية مساوية لزاوية السقوط.

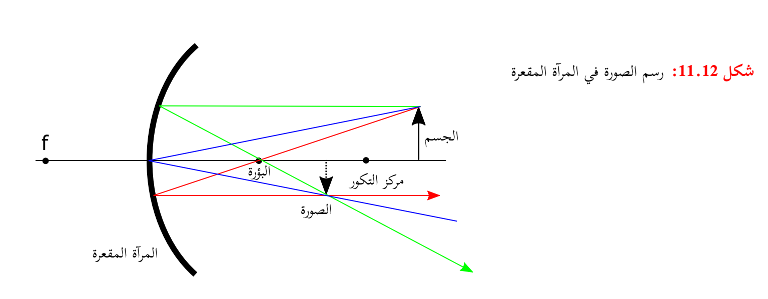
2) خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينعكس مواز لمحور المرآة.

3) خط يخرج من الرأس ويسير مواز لمحور المرآة وينعكس ماراً بالبؤرة.



الصفة الأولى	الصفة الثانية	الصفة الثالثة
حقيقية	مقلوبة	مكبرة
خيالية	معتدلة	مساوية
-	-	مصغرة

جدول 11.8: صفات الصورة



شكل 11.12: رسم الصورة في المرآة المقعرة

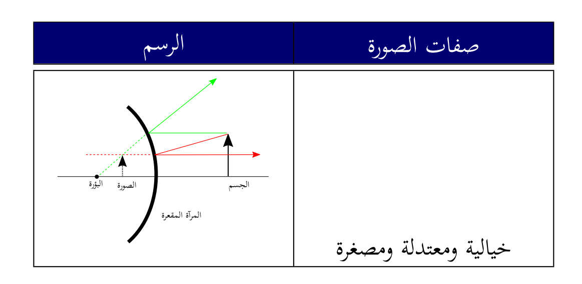
حالات تكون الصور في المرايا:

	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
1	في الما لا نهاية	في البؤرة	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
2	خلف مركز التكور	بين البؤرة ومركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
3	عند مركز التكور	عند مركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومساوية	
4	بين البؤرة ومركز التكور	خلف مركز التكور	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
5	عند البؤرة	في اتجاه الجسم	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
6	بين البؤرة وقطب المرآة	خلف الجسم	خيالية ومعتدلة ومكبرة	

جدول 11.9: حالات تكون الصور في المرايا المقعرة

11.5.2 المرايا المحدبة

المرايا المحدبة تسمى بهذا الأسم لأن سطحها محدب إلى الخارج وتسمى أيضا بالمرايا المفرقة لأنها تعمل على تفريق الضوء وتشتيته، وعند وضع جسم أمام المرآة المحدبة تتكون له صورة لا تختلف في صفاتها ولا تتغير بتغير موضع الجسم، فهي دائما خيالية ومعتدلة ومصغرة.

صفات الصورة	الرسم
خيالية ومعتدلة ومصغرة	

جدول 11.10: حالات تكون الصور في المرايا المحدبة

11.5.3 تطبيقات على المرايا



شكل 11.13: مرآة مصباح الطبيب

تستخدم المرايا في حياة الإنسان منذ آلاف السنين وحتى قبل إختراع المرايا الزجاجية المبطنة بالفضة، فارتبطت المرآة بالمرأة على مر العصور، أما أقدم الاستخدامات المذكورة في التاريخ - إن صحت تاريخيا - فهو بلا شك فنار الاسكندرية (احدى عجائب الدنيا السبع القديمة)، حيث تم وضع مرآة مقعرة كبيرة على قمة الفنار، وحين تقترب سفينة من الميناء توجه المرآة بإتجاه السفينة لكي يتجمع الضوء عليها وتحترق.

أيضا تستخدم المرايا المقعرة في محطات توليد الكهرباء من الشمس، وفي اطباق استقبال الأقمار الصناعية، وأطباق الطبخ بحرارة الشمس وخلفيات الكشافات ومصابيح السيارات، أما المرايا المحدبة تستخدم في المرايا الجانبية للسيارة، وتوضع في المنعطفات لكي تسمح للسائقين برؤية السيارات القادمة من الشارع الجانبي.

11.6 القانون العام للعدسات والمرايا

سمي بالقانون العام لأنه يشمل العدسات والمرايا، ويتميز بالسهولة إذا تم التعويض بشكل جيد.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \tag{11.6}$$

حيث f البعد البؤري، d_o بعد الجسم عن مركز العدسة أو المرآة، d_i بعد الصورة عن مركز العدسة أو المرآة.

ويجب وضع الإشارة الصحيحة أثناء التعويض في القانون حسب الجدول التالي:

	f		d_o		d_i	
	+	-	+	-	+	-
عدسة محدبة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية
عدسة مقعرة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة محدبة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة مقعرة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية

جدول 11.11: إشارات القانون العام للعدسات والمرايا

11.6.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

$A>1$	$A=1$	$A<1$
الصورة مكبرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مصغرة

جدول 11.12: قيم تكبير العدسة

$$A = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o} \tag{11.7}$$

حيث A تكبير الصورة، h_o ارتفاع الجسم، h_i ارتفاع الصورة، والاشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.

مثال 11.6.69 السؤال

1- إذا وضع جسم على بعد 10 سنتمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $f=4cm$ ، $d_o=10cm$

التطبيق:

(بعد الصورة)

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$\tfrac{1}{4}=\tfrac{1}{10}+\tfrac{1}{d_i}$$

$$\tfrac{1}{d_i}=\tfrac{1}{4}-\tfrac{1}{10}$$

$$\tfrac{1}{f}=\tfrac{3}{20}$$

$$di=\tfrac{20}{3}=6.66cm$$

(تكبير الصورة)

$$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\tfrac{6.66}{10}=-0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 6.66 سنتمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

2- يقف رجل أمام على بعد 3 أمتار من مرآة مقعرة بعدها البؤري 200 سنتمتر ، فأوجد بعد الصورة عن المرآة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $f=2m$ ، $d_o=3m$

التطبيق:

(بعد الصورة)

$$\frac{1}{2}=\frac{1}{3}+\frac{1}{d_i}$$

$$\tfrac{1}{d_i}=\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{3}$$

$$\tfrac{1}{di}=\tfrac{1}{6}$$

$$di=\tfrac{6}{1}=6m$$

(تكبير الصورة)

$$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\tfrac{6}{3}=-2$$

النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 6 متر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

⋆ ومضة

لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

11.7 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء بزاوية 32 درجة، أوجد زاوية الانكسار؟

الحل

تعيين المعطيات: $n_1=1$ ، $\theta_1=32^{\circ}$ ، $n_2=1.33$

التطبيق:

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1}$$

$$sin\theta_2=\frac{n_1 sin\theta_1}{n_2}$$

$$\theta_2=sin^{-1}(\frac{1\times sin32}{1.33})$$

$$\theta_2=44.813^{\circ}$$

2- إذا وضع جسم على بعد 12 سنتمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 7 سنتمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $d_o=12cm$ ، $f=7cm$

التطبيق: حساب بعد الصورة:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{7}=\frac{1}{12}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{7}-\frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{5}{84}$$

$$di=\frac{84}{5}=16.8cm$$

حساب تكبير الصورة:

$$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{16.8}{12}=-1.4$$

أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 16.8 سنتمتر، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

3- يقف رجل أمام على بعد 35 سنتمتر من مرآة مقعرة بعدها البؤري 9 سنتمتر ، فأوجد بعد الصورة عن المرآة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $d_o=35cm$ ، $f=9cm$

التطبيق: حساب بعد الصورة :

$$\frac{1}{9}=\frac{1}{35}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{9}-\frac{1}{35}$$

$$\frac{1}{di}=\frac{26}{315}$$

$$di=\frac{315}{26}=12.11m$$

حساب تكبير الصورة:

$$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{12.11}{35}=-0.34$$

أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 12.11 سنتمتر ، والاشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

4- الصورة في المرايا المحدبة تكون:

ا) مكبرة
ج) مساوية
ب) مصغرة ✓
د) لا توجد صورة

5- تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحرض للأشعة هو :

ا) الأشعة السينية
ج) تحليل الضوء
ب) الليزر ✓
د) تجميع الضوء

6- يحدث الانعكاس الكلي الداخلي للضوء عندما تكون زاوية السقوط .... الزاوية الحرجة :

ا) أكبر من ✓
ج) تساوي
ب) أصغر من
د) أصغر أو تساوي

7- في ...... تكون الصورة وهمية (خيالية) ومعكوسة جانبيا وطول الصورة مساوي لطول الجسم :

ا) المرآة المستوية ✓
ج) العدسة المحدبة
ب) المرآة المحدبة
د) العدسة المقعرة

8- على أي بعد يجب أن نضع جسم أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري $10cm$ لكي تتكون لها صورة على بعد $12cm$ ؟

ا) $12cm$ ✓
ج) $2cm$
ب) $22cm$
د) $1.2cm$

9- إذا تكونت صورة على بعد $30cm$من عدسة محدبة، ومكبرة 3 مرات، احسب بعد الجسم ؟

ا) $10cm$ ✓
ج) $33cm$
ب) $90cm$
د) $27cm$

10- وضع جسم على بعد $4cm$ من عدسة محدبة فتكونت له صورة حقيقية على بعد $4cm$ ، احسب البعد البؤري ؟

ا) $2cm$ ✓
ج) $8cm$
ب) $16cm$
د) $6cm$

11- جسم طوله $2cm$ موضوع أمام مرآة تكبيرها 10 مرات، احسب طول الصورة ؟

ا) $20cm$ ✓
ج) $8cm$
ب) $12cm$
د) $5cm$

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

12- الانعكاس الذي ينتج صورة خيالية معتدلة، يكون في :

ا) عدسة محدبة
ج) مرآة محدبة ✓
ب) عدسة مقعرة
د) مرآة مقعرة

13- أوجد بعد جسم موضوع أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري $11cm$ وتعطي صورة على بعد $12cm$:

ا) $23cm$
ج) $1cm$
ب) $132cm$ ✓
د) cm1.1

14- المرايا التي تستخدم في جوانب السيارات ؟

ا) المحدبة ✓
ج) المستوية
ب) المقعرة
د) المتموجة

15- إذا كان تكبير المرآة 5 مرات، وطول الجسم $8cm$ فإن طول الصورة ؟

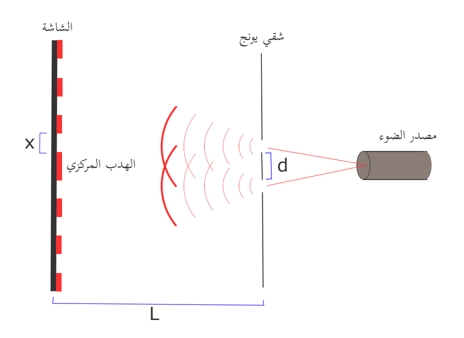
ا) $13cm$
ج) $1.6cm$
ب) $40cm$ ✓
د) $0.625cm$

16- الشعاع الذي يسير مواز لمحور مرآة مقعرة، ينعكس عنها ..... ؟

ا) مارا بالبؤرة ✓
ج) مواز للمحور
ب) مارا بمركز التكور
د) مارا بقطب المرآة

12

التداخل والحيود



- أنواع الضوء
- التداخل والحيود
- معيار ريليه

مقدمة

12.1 التداخل

الضوء هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، ولهذا فإن هذه الموجات حين تلتقي يحدث لها اندماج أو تداخل، ويكون هذا التداخل بناء أو هدام. وهذا التداخل يتأثر بشكل ونوع الوسط الذي تتحرك فيه الموجات الضوئية.

12.1.1 أنواع الضوء

الضوء المترابط: هو ضوء ذو مقدمات موجيه متزامنة ويكون ذو خاصية تباعد انتشار منخفضة.
الضوء غير المترابط: هو ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة.

تداخل الضوء المترابط تداخل الضوء المترابط ينتج أهداب لونية تختلف باختلاف نوع اللون المستخدم، لكنها تتفق في كونها مكونه من أهداب تداخل ، وهي أهداب مضيئة (تداخل بناء) وأهداب مظلمة (تداخل هدام).

نوع الضوء	الهدب المركزي	الأهداب الأخرى
أحادي اللون	نفس اللون	نفس اللون
أبيض	أبيض	ألوان الطيف

جدول 12.1: تداخل الضوء المترابط



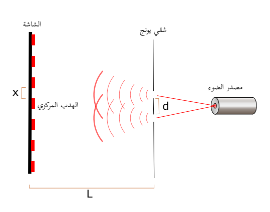
شكل 12.1: الاهداب

12.1.2 تجربة يونج

قام يونج بتجربة لإثبات الطبيعة الموجية للضوء وتوصل إلى أن الضوء يتداخل محدثاً أهداب مضيئة وأهداب مظلمة، أي أن الضوء ذو طبيعة موجية.

$$m\lambda = \frac{xd}{L} \qquad (12.1)$$

حيث λ الطول الموجي، x المسافة بين الهدب المركزي والهدب الأول المضيء، d المسافة بين الشقين، L المسافة بين الشقين واللوحة التي تظهر عليها الأهداب، m رقم الهدب (المركزي m=0).



شكل 12.2: تجربة يونج

مثال 12.1.70 السؤال

إذا تم إجراء تجربة يونج باستخدام ضوء طوله الموجي $5\times10^{-7}m$ ووضعت الشاشة على بعد $1m$ وكانت المسافة بين شقي يونج $2\times10^{-5}m$ فاحسب بعد الهدب المضيء الاول عن الهدب المركزي؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=5\times10^{-7}m$ ، $L=1m$ ، $d=2\times10^{-5}m$

التطبيق:

$m\lambda=\frac{xd}{L}$

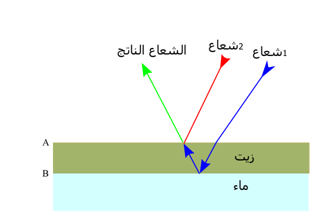
$x=\frac{5\times10^{-7}\times1}{2\times10^{-5}}$

$=0.025m$

النتيجة: بعد الهدب المضيء الأول عن الهدب المركزي يساوي 0.025 متر.

12.1.3 التداخل في الأغشية الرقيقة

وهي أغشية رفيعة من مادة شفافة تُحدث تداخل بناء أو هدام للضوء الساقط عليها، حيث ينعكس جزء من الضوء على السطح A كما في الرسم التوضيحي، وجزء ينفذ من السطح A وينعكس على السطح B ثم يخترق السطح A ويعود مرة أخرى للهواء، وإذا إنطبق هذا الشعاع الخارج للهواء مع الشعاع الأول المنعكس عن A فإنه ينتج تداخل بناء أو هدام بناء على سمك الغشاء ومعامل انكساره. مثل رؤيتنا للألوان المتموجة والبراقة على غشاء رقيق من الزيت يطفو على الماء أو على أجنحة بعض الحشرات مثل فراشة مورفو ، ويمكن إستخدام التداخل البناء في الأغشية الرقيقة في صنع أسطح لامعة متوهجة كما يمكن إستخدام التداخل الهدام في صنع ملابس عسكرية أو أسطح خفية للطائرات.



شكل 12.3: التداخل في الأغشية

الطول الموجي في الوسط

$$\lambda_f = \frac{\lambda_0}{n} \quad (12.2)$$

حيث λ_f الطول الموجي في الوسط، λ_0 الطول الموجي في الفراغ، n معامل انكسار الوسط.
حساب سمك التداخل البناء

$$d = \frac{a\lambda_f}{4} \quad ⸎ \quad a = 1, 3, 5, ... \quad (12.3)$$

حساب سمك التداخل الهدام

$$d = \frac{a\lambda_f}{2} \quad ⸎ \quad a = 1, 2, 3, ... \quad (12.4)$$

حيث λ الطول الموجي، a ترتيب السُمك، d سمك الغشاء.

مثال 12.1.71 السؤال

أوجد أقل سُمك لغشاء رقيق من الزيت معامل انكساره 1.45 لكي ينتج تداخل تعميري لشعاع ضوئي طوله الموجي في الفراغ $500nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=5\times10^{-7}m$ ، $n=1.45$

التطبيق:

$$\lambda_{\text{الوسط}}=\frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الوسط}}}=\frac{500\times10^{-9}}{1.45}=344.82\times10^{-9}m$$

$$d_{\text{السمك}}=\frac{\lambda_{\text{الوسط}}}{4}=\frac{344.82\times10^{-9}}{4}=86.2\times10^{-9}m$$

النتيجة: أقل سمك ينتج تداخل تعميري 86.2×10^{-9} متر.

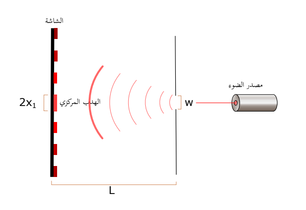
وعند إنعكاس الضوء عن وسط معامل انكساره أكبر من الوسط الأول فإن موجة الضوء تنقلب، والعكس صحيح.
- معامل الانكسار الوسط 1 $<$معامل إنكسار الوسط 2 ←تنقلب الموجة عند انعكاسها.
- معامل الانكسار الوسط 1 $>$معامل إنكسار الوسط 2 ←لا تنقلب الموجة عند انعكاسها.

12.1.4 حيود الشق الأحادي

عند مرور الضوء من خلال شق أحادي فإنه ينتج لدينا أهداب مضيئة وأهداب مظلمة.

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w} \quad (12.5)$$

حيث λ الطول الموجي، $2x_1$ عرض الهدب المركزي المضيء، w عرض الشق، L المسافة بين الشق واللوحة التي تظهر عليها الأهداب.



شكل 12.4: حيود الشق الأحادي

مثال 12.1.72 السؤال

في تجربة الشق الاحادي إستخدمنا شعاع ضوئي طوله الموجي $400\times10^{-9}m$ ليمر من خلال شق عرضه $7\times10^{-5}m$ ، أوجد عرض الهدب المركزي المتكون على شاشة تقع على بعد 1 متر؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=400\times10^{-9}m$ ، $w=7\times10^{-5}m$ ، $L=1m$

التطبيق:

$$2x_1=\frac{2\lambda L}{w}$$

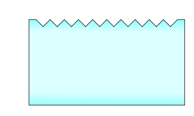
$$=\frac{2\times400\times10^{-9}\times1}{7\times10^{-5}}$$

$$=0.011m$$

النتيجة: عرض الهدب المركزي يساوي 0.011متر.

12.1.5 محزوز الحيود

هو سطح شفاف يحتوي على عدد كبير من الأخاديد الدقيقة المتوازية.



شكل 12.5: محزوز الحيود

أنواع محزوز الحيود:



- محزوز النفاذ هو سطح شفاف به عدد كبير من الأخاديد الدقيقة والمتوازية.
- محزوز غشائي هو غشاء من مادة لدائنية يلصق على محزوز نفاذ إلى أن تنطبع صورة محفورة من المحزوز الأصلي عليه، و يتميز برخص ثمنه.
- محزوز الإنعكاس هو سطح عاكس (معدني أو زجاجي عاكس) به عدد كبير من الأخاديد الدقيقة والمتوازية وعلى سطحه طبقة حماية من مادة شفافه. مثل قرص DVD .



شكل 12.6: قرص DVD

$$m\lambda = dsin\theta \qquad (12.6)$$

حيث λ الطول الموجي، d المسافة بين الشقين، θ الزاوية بين وسط الهدب المركزي والهدب المضيء الأول، m رقم الهدب (المركزي m=0).

مثال 12.1.73 السؤال

في تجربة محزوز الحيود، استخدمنا محزوز البعد بين كل شقين $4\times10^{-6}m$ فتكون الهدب المضيء الاول بزاوية °10 ، احسب الطول الموجي للضوء الاحادي المستخدم ثم احسب عدد الشقوق؟

الحل

تعيين المعطيات: d=$4\times10^{-6}m$ ، θ=10°

التطبيق:

(الطول الموجي) $m\lambda = dsin\theta$

λ=$4\times10^{-6}\times sin10$

=$6.94\times10^{-7}m$

(الشقوق في المتر) $N = \frac{1}{d}$

$=\frac{1}{4\times10^{-6}}$

$=25\times10^{-4}$

النتيجة: الطول الموجي يساوي 6.94×10^{-7} متر.

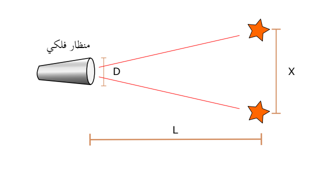
من أهم استخدامات محزوز الحيود، استخدامه في جهاز التعرف على نوع الغاز بتحليل طيفه، حيث يستخدم كبديل للمنشور.

12.1.6 معيار ريليه

معيار ريليه ينص على أنه إذا سقطت البقعه المضيئه لصوره أحد النجمين على الحلقه المعتمه الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التمييز.

$$x = \frac{1.22\lambda L}{D} \qquad (12.7)$$

حيث λ الطول الموجي، x المسافة بين النجمين أوالجسمين، L بعد الجسمين عن المنظار، D قطر فتحة المنظار، 1.22 المعامل الهندسي.



شكل 12.7: معيار ريليه

مثال 12.1.74 السؤال

جسيمان مضيئان على بعد $370km$ يصدران ضوءا طوله الموجي $5\times10^{-7}m$ ، تم رصدهما من مقراب قطر فتحته $2.43m$ ، احسب المسافة الفاصلة بين الجسمين؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=5\times10^{-7}m$ ، $L=370km$ ، $D=2.43m$

التطبيق:

$$x=\frac{1.22\lambda L}{D}$$

$$=\frac{1.22\times5\times10^{-7}\times370\times10^{3}}{2.43}$$

$$=9.3\times10^{-2}m$$

النتيجة: المسافة الفاصلة بين الجسمين 9.3×10^{-2} متر.

12.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- في تجربة الشق الاحادي إستخدمنا شعاع ضوئي طوله الموجي $560\times10^{-9}m$ ليمر من خلال شق عرضه $6\times10^{-5}m$ ، أوجد عرض الهدب المركزي المتكون على شاشة تقع على بعد 1 متر؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=560\times10^{-9}m$ ، $w=6\times10^{-5}m$ ، $L=1$

التطبيق:

$$2x_1=\frac{2\lambda L}{w}$$

$$=\frac{2\times560\times10^{-9}\times1}{6\times10^{-5}}$$

$$=0.0187m$$

2- في تجربة يونج استخدم ضوء طوله الموجي $4\times10^{-7}m$ وكانت المسافة بين شقي يونج $2\times10^{-5}m$ ، فتكون الهدب المضيء الأول على بعد $0.03m$ ، احسب المسافة بين الشقين والشاشة؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=4\times10^{-7}m$، $d=2\times10^{-5}m$ ، $x=0.03m$

التطبيق:

$$m\lambda=\frac{xd}{L}$$

$$L=\frac{xd}{m\lambda}$$

$$=\frac{0.03\times2\times10^{-5}}{1\times4\times10^{-7}}$$

$$=1.5m$$

3- لون فراشة المورفو ناتج عن:

ا) التداخل في الأغشية الرقيقة ✓

ب) تداخل يونج

ج) حيود الشق الاحادي

د) محزوز الحيود

4- ترتيب السمك a في قانون التداخل البناء في الأغشية الرقيقة يكون ؟

ا) أي عدد حقيقي

ب) أي عدد طبيعي

ج) أي عدد فردي ✓

د) أي عدد زوجي

5- عند حدوث تداخل للضوء الأبيض فإن هدبه المركزي يكون ؟

ا) أحمر

ب) أسود

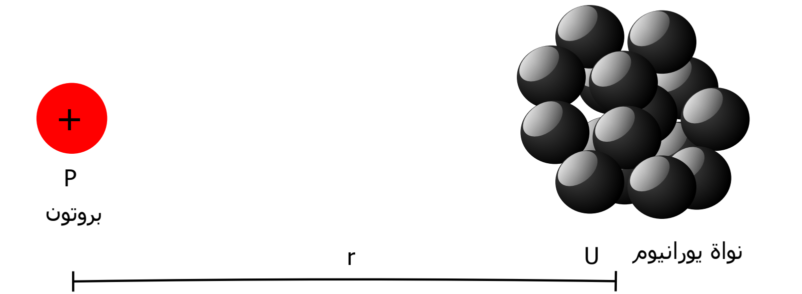
ج) أبيض ✓

د) بنفسجي

13

الكهرباء الساكنة

- دراسة مكونات الذرة
- الالكترونات والمواد
- شحنة الالكترون



مقدمة

13.1 الشحنات

13.1.1 مكونات الذرة

الذرة هي الوحدة الأساسية المكون للمادة، وتتكون من :

1- نواة وتتكون النواة :

- بروتونات (p^+) موجبة الشحنة
- نيوترونات (n) متعادلة الشحنة

2- إلكترونات (e^-) سالبة الشحنة



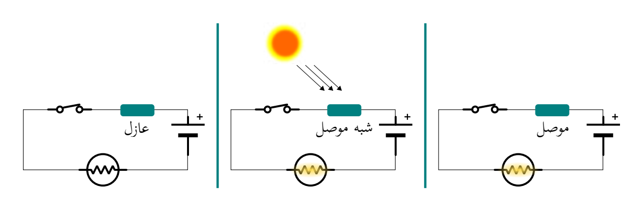
شكل 13.1: بالون سالب الشحنة يجذب الماء الموجب الشحنة[11]

أنواع الشحنات: عند دلك بعض الأجسام فإنها تصبح مشحونة بشحنة موجبة مثل الصوف والزجاج، أو مشحونة بشحنة سالبة مثل البلاستيك والمطاط،، وتنتج الشحنة الموجبة عن فقد الذرة لأحد إلكتروناتها بينما تنتج الشحنة السالبة عن اكتساب الذرة لإلكترون، أما إذا تساوى عدد الشحنات السالبة مع الموجبة فإن الجسم يكون متعادل الشحنة، إن عملية انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى تتطلب طاقة خارجية، ولهذا حين ندلك الزجاج بقطعة من الحرير فإن الطاقة الحركية للدلك تساعد إلكترونات الزجاج على الانتقال من الزجاج إلى الحرير، فيصبح الزجاج موجب الشحنة والحرير سالب الشحنة.

إن الشحنات المتشابهه تتنافر عن بعضها، والشحنات المختلفة تتجاذب مع بعضها، ولهذا تقوم بعض مصانع السيارات باستخدام طريقة ذكية لطلاء السيارات حيث توصل السيارة بقطب سالب وتوصل رأس رش الطلاء بقطب موجب، فتخرج قطرات الطلاء وهي مشحونة بشحنة موجبة، عندها تنجذب تلقائيا إلى جسم السيارة السالب وتلتصق به، وبالتالي لن تجد قطرة طلاء واحدة تسقط على الأرض، وتستخدم الشحنات الساكنة في مكائن التصوير حيث تشحن بكرة الطباعة بشحنة مخالفة لشحنة مسحوق الحبر وهذه يجعله ينجذب للبكرة ويلتصق بها، فتضغطه على الورقة، ويستخدم أيضا في تخصيب اليورانيوم (انظر فصل المفاعلات النووية في الكتاب)، كما يستخدم في الاستمطار حيث توضع مجموعة من الأبراج في المكان المطلوب، وعندما يجد الفني أن الشحنات الكهربائية في الهواء قد وصلت لدرجة معينة، يطلق شحنات كهربائية إضافية قوية من جميع الابراج، وهذا يساعد على بدء نزول المطر.

13.1.2 الإلكترونات والمواد

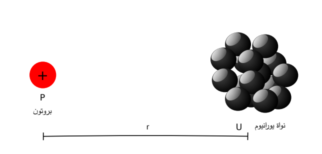
للإلكترونات مع المواد ثلاث حالات:



شكل 13.2: الموصلية الكهربائية في المواد

- المواد الموصلة للكهرباء تتحرك فيها الإلكترونات بحرية وتتجمع عادة على سطحها.
- المواد العازلة للكهرباء تبقى فيها الإلكترونات في مكانها.
- المواد شبه الموصلة تكون حركة الكتروناتها محدودة وترتبط عادة هذه الحركة بعوامل مثل الشوائب ودرجة الحرارة.

إن انتقال الالكترونات وحركتها داخل المادة الموصلة كبير، ولذا يستخدم النحاس الموصل في التمديدات الكهربائية داخل المنازل وخارجها، وتستخدم أشباه الموصلات في الاجهزة الالكترونية، لكن هذا لا يعني أن المادة العازلة لا توصل التيار الكهربائي مطلقا، إن جميع المواد لها خاصية الموصلية ويقابلها العازلية الكهربائية، وكلما زادت العازلية زادت حاجتنا لطاقة وجهد كهربائي أكبر للتغلب عليها، فالهواء عازل للكهرباء لكن عازليته تنهار ويسمح بمرور البرق الكهربائي لأن فرق جهد البرق يتجاوز 3 ملايين فولت/متر.

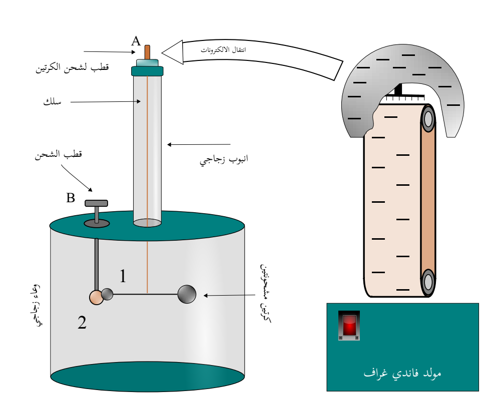


شكل 13.3: القوة الكهروستاتيكية بين الأجسام المشحونة

13.1.3 شحنة الإلكترون

إن شحنة الإلكترون الواحد تساوي e^-=$1.6\times10^{-19}C$ ، والكولوم C هي وحدة الشحنة والتي تعادل شحنة 6.25×10^{18} الكترون. وهذه الشحنات تتنافر مع بعضها إذا كانت متشابهه وتتجذب لبعضها إذا كانت مختلفة، وتسمى هذه القوة بالقوة الكهربائية.

13.1.4 قانون كولوم



شكل 13.4: تجربة قانون كولوم

قام كولوم بتجربته الشهيرة لدراسة تأثير الشحنة والمسافة بين جسمين على القوة المؤثرة بينهما. فقام أولا بشحن الكرتين المعلقتين في وسط الجهاز باستخدام مولد فاندي غراف في النقطة A ، فأصبحت الكرة 1 مشحونة بشحنة سالبة، ثم قام بشحن الكرة 2 عن طريق القطب B ، فلاحظ أن الكرتين تتجاذب إذا كانت شحنة الكرة 2 موجبة، وتتنافر إذا كانت شحنتها سالبة، وهذا يعني أن الشحنات المتشابهه تتنافر والمختلفة تتجاذب. ثم أنتقل إلى مرحلة أدق في تجربته، فبدأ يزيد من مقدار الشحنة المستخدمة، فوجد أن التنافر أو التجاذب يزداد بزيادة الشحنة، أي أن القوة تتناسب طرديا مع الشحنة $F \propto q_1 q_2$ ، بعد ذلك قام بدراسة تأثير عامل المسافة بينهما، فوجد أن القوة تقل بزيادة المسافة بينهما، وهذا يعني أن التناسب بين القوة والمسافة تناسب عكسي $F \propto \frac{1}{r^2}$ ، وبمزيد من الدراسة توصل لقانونه المعروف باسمه.

قانون كولوم هو تتناسب القوة الكهروستاتيكية بين اثنين من نقاط الشحنات الكهربائية تناسبا طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين ، وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \qquad (13.1)$$

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

حيث F قوة التجاذب بين الشحنتين، $q_1 q_2$ شحنتي الجسمين، r المسافة بين مركزي الجسمين، k ثابت كولوم ويساوي $k = 9 \times 10^9 N.m^2/C^2$.

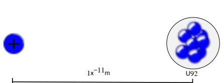
وفي حالة وجود أكثر من شحنتين يتم ايجاد محصلة القوى بنفس طريقة ايجاد محصلة القوى العادية، فإذا كان بينهما زاوية قائمة نستخدم $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ على مرحلتين، وإذا لم تكن الزاوية قائمة يتم ايجاد المحصلة بالتحليل.

مثال 13.1.75 السؤال

احسب قوة التنافر الناتجة عن قذف بروتون موجب بإتجاه نواة ذرة اليورانيوم التي تحتوي 92 بروتون على اعتبار نواة اليورانيوم شحنة نقطية ، وذلك عندما كانت المسافة بينهما $1 \times 10^{-11} m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q_1 = q_2 = 1.6 \times 10^{-19} C$ ، $r = 1 \times 10^{-11} m$



التطبيق:

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 92 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-11})^2}$$

$$= 2.1 \times 10^{-4} N$$

النتيجة: قوة التنافر بين البروتون ونواة ذرة اليورانيوم 2.1×10^{-4} نيوتن.

13.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب قوة التجاذب الناتجة عن قذف الكترون سالب بإتجاه نواة ذرة البلوتونيوم التي تحتوي 94 بروتون على اعتبار نواة اليورانيوم شحنة نقطية ، وذلك عندما كانت المسافة بينهما $1.3\times10^{-11}m$ ؟

ا) $36N$ ✓　　ج) $4N$

ب) $6N$　　د) $2\times10^{-9}N$

الحل

تعيين المعطيات: $r=1.3\times10^{-11}m$

التطبيق:

$$F=\frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$=\frac{9\times10^{9}\times94\times1.6\times10^{-19}\times-1.6\times10^{-19}}{(1\times10^{-11})^2}$$

$$=-1.3633\times10^{-6}N$$

2- ما هي وحدة ثابت كولوم ؟

ا) N　　ج) N/m^2

ب) N/m　　د) $N.m^2/C^2$ ✓

3- إذا قمنا بتوجيه قضيب مشحون نحو ورقتي كشاف مشحونة، فانفرجت، هذا يدل على أن شحنتي الورقتين ؟

ا) متشابهتين ✓　　ج) صفر

ب) مختلفتين　　د) متعادلتين

4- احسب القوة التي تؤثر بها شحنة مقدارها $4\times10^{-9}C$ على شحنة موجبة مقدارها $1C$ وتبعد $1m$ ؟ $F=\frac{kq_1q_2}{r^2}$

5- احسب القوة التي تؤثر بها أربع شحنات موضوعة في اركان مربع طول ضلعه $10cm$ على نقطة في مركز المربع، حيث شحنة كل منها $13\mu C$ ؟

ا) $152N$　　ج) $304N$

ب) $0N$ ✓　　د) $608N$

6- إذا كانت شحنة الجسم النقطي A تساوي $6C$ و شحنة الجسم النقطي الثاني B تساوي $2C$ فإن قوة التأثير بينهما ؟ (تذكر قانون نيوتن الثالث)

ا) $F_A=-F_B$ ✓　　ج) $3F_A=-F_B$

ب) $F_A=-3F_B$　　د) 0

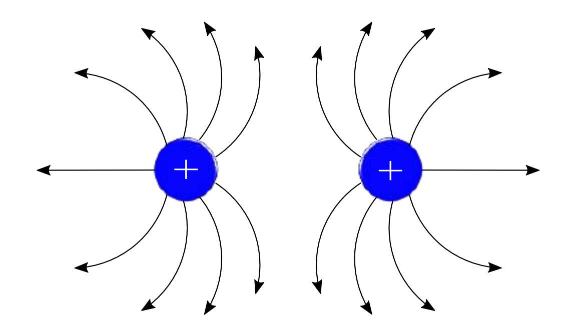
7- إذا اردنا زيادة القوة بين شحنتين نقطيتين فإننا ؟

ا) نزيد الشحنة ونزيد المسافه بينهما.　　ج) ننقص الشحنة ونزيد المسافة بينهما

ب) نزيد الشحنة وننقص المسافة بينهما. ✓　　د) ننقص الشحنة وننقص المسافة بينهما.

14

المجالات الكهربائية



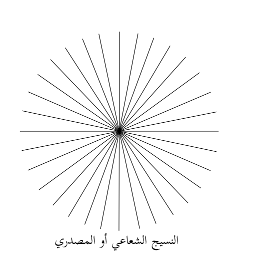
- شدة المحال الكهربائي
- قوة المجال الكهربائي
- السعة والمكثفات

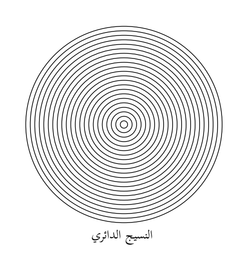
مقدمة

14.1 المجال الكهربائي

المجال الكهربائي عبارة عن كمية فيزيائية لها مقدار واتجاه عند كل نقطة في الفضاء، وتكون هذه المجالات ثلاثية الابعاد، لكن للتبسيط ترسم في بعدين، ويحتوي رسم كل مجال على ثلاث عناصر:

- مخطط المجال المتجهي: ويمثل بأسهم تختلف في أطوالها والوانها.
- خطوط المجال: وهي خطوط تنحرف بتأثير حقل المجال عند كل نقطة على طول الخط ولا يمكن أن تتقاطع مع بعضها.
- بذور العشب: ويقصد بها نسيج من الاشرطة المتوازية في حقل المجال. [15]





شكل 14.1: نسيج المجال

وعلى الرغم من أننا لا نستطيع تحديد الاتجاه المطلق، إلا أنه يمكننا تحديد الاتجاه النسبي.
مجال الجاذبية الأرضية مثال مشهور على المجالات، حيث يكون اتجاه قوة مجال الجاذبية الأرضية متجها إلى مركز الأرض:

$$\vec{F_g} = -G\frac{Mm}{r^2}\hat{r}$$ (قوة الجاذبية الأرضية)

$$\vec{g} = \frac{\vec{F_g}}{m} = -\frac{GMm/r^2}{m}\hat{r} = -G\frac{M}{r^2}\hat{r}$$ (مجال الجاذبية الأرضية)

14.1.0.1 الشحنة الكهربائية

يوجد نوعين من الشحنات الكهربائية: الموجبة والسالبة، ووحدتها كولوم C .
شحنة الإلكترون السالب أو البروتون الموجب:

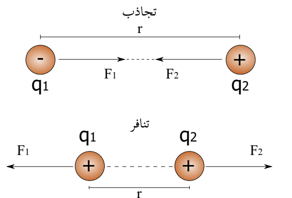
$$\pm e = \pm 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$Q = \pm Ne$$ الشحنة المكممة quantized

$$n \to p + e^- + \bar{v} \qquad e^+ + e^- \to \gamma + \gamma$$ الشحنة المحفوظة conserved

14.1.0.2 القوة الكهربائية بين الشحنات

قوة تجاذب إذا كانت الشحنات مختلفة.
قوة تنافر إذا كانت الشحنات متشابهة.



شكل 14.2: القوة الكهربائية

14.1.1 ثنائي القطب

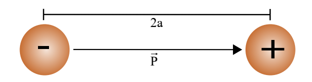
الاجسام التي تحوي شحنة كهربائية قد يكون لها قطب واحد مثل كرة تتجمع الشحنات السالبة على سطحها، وقد يكون لها قطبين مثل طرفي بطارية كهربائية، ويسمى الجسم في هذه الحالة ثنائي القطب، وتعمل هذه الأقطاب على تكوين المجالات الكهربائية المحيطة بالشحنة.

ثنائي القطب له قطبين كهربائيين أحدهما سالب والآخر موجب، ويوجد نوعين من ثنائيات القطب:

1) ثنائي قطب فعّال: ينتج الطاقة الكهربائية من مصدر مثل المولد والبطارية.

2) ثنائي قطب غير فعّال: يستهلك الطاقة الكهربائية مثل المقاومات والملفات.

14.1.1.1 عزم ثنائي القطب



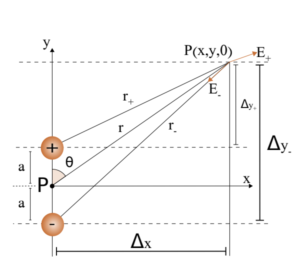
شكل 14.3: عزم ثنائي القطب

يوجد لثنائيات القطب الكهربائية عزم يسمى عزم ثنائي القطب، ويعتمد على الشحنة والبعد بين القطبين.

$$\vec{P} = q \times 2a \qquad (14.1)$$

حيث P عزم ثنائي القطب من القطب السالب إلى القطب الموجب، و q الشحنة الكهربائية، و $2a$ المسافة بين مركزي القطبين.

14.1.1.2 تكوين المجال الكهربائي لثنائي القطب



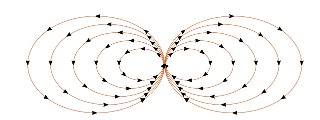
شكل 14.4: مجال ثنائي القطب

$$\frac{\hat{r}}{r^2} = \frac{\vec{r}}{r^3} = \frac{\Delta x}{r^3}\hat{i} + \frac{\Delta y}{r^3}\hat{j}$$

$$E_x = k_e q\left(\frac{\Delta x}{r_+^3} - \frac{\Delta x}{r_-^3}\right) = k_e q\left(\frac{x}{\left[x^2+(y-a)^2\right]^{3/2}} - \frac{x}{\left[x^2+(y+a)^2\right]^{3/2}}\right) \qquad (14.2)$$

$$E_y = k_e q\left(\frac{\Delta y_+}{r_+^3} - \frac{\Delta y_-}{r_-^3}\right) = k_e q\left(\frac{y-a}{\left[x^2+(y-a)^2\right]^{3/2}} - \frac{y+a}{\left[x^2+(y+a)^2\right]^{3/2}}\right) \qquad (14.3)$$

ثنائية القطب النقطية


شكل 14.5: ثنائية القطب النقطية

$$r >> a$$

$$E_x \rightarrow \frac{3p}{4\pi\varepsilon_0 r^3} sin\theta cos\theta \qquad (14.4)$$

$$E_y \rightarrow \frac{p}{4\pi\varepsilon_0 r^3}(3cos^2\theta - 1) \qquad (14.5)$$

14.1.1.3 شدة المجال الكهربائي (E)

هي كمية فيزيائية متجهة تصف القوة التي يؤثر بها مجال كهربائي على شحنة كهربائية.

$$E = \frac{F}{q} \qquad (14.6)$$

حيث E شدة المجال الكهربائي، F القوة المؤثرة على الشحنة، q شحنة الاختبار.

مثال 14.1.76 السؤال

احسب شدة المجال الكهربائي عند شحنة نقطية مقدارها $6\mu C$ تؤثر عليها قوة مقدارها $3N$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q{=}6{\times}10^{-6}C$ ، $F{=}3N$

التطبيق:

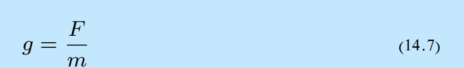
$E{=}\frac{F}{q}$

$={\frac{3}{6{\times}10^{-6}}}$

$=5{\times}10^{5}N/C$

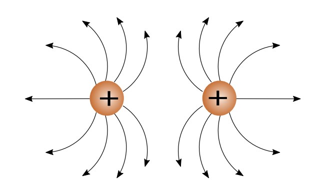
النتيجة: شدة المجال الكهربائي تساوي $5{\times}10^{5}$ نيوتن / كولوم.

14.1.1.4 شدة مجال الجاذبية (g)



$$g = \frac{F}{m} \qquad (14.7)$$

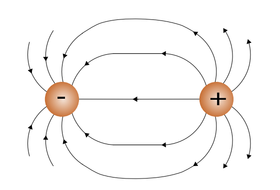
حيث g شدة مجال الجاذبية، F القوة المؤثرة على الشحنة، m كتلة الجسم.



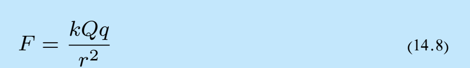
شكل 14.6: شحنتان متشابهتان

14.1.1.5 قوة المجال الكهربائي على جسيم

عند اقتراب شحنتين من بعضهما، تنشأ قوة تجاذب ، أو تنافر بينهما، تجاذب إذا اختلفا في الشحنة، وتنافر إذا تشابها في الشحنة. وهذه القوة تتناسب طرديا مع مقدار الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

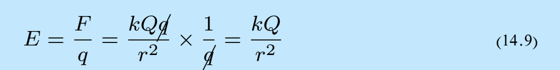


شكل 14.7: شحنتان مختلفتان



$$F = \frac{kQq}{r^2} \qquad (14.8)$$

حيث $k{=}8.9875{\times}10^{9}Nm^{2}/C^{2}$.



$$E = \frac{F}{q} = \frac{kQ\not{q}}{r^2} \times \frac{1}{\not{q}} = \frac{kQ}{r^2} \qquad (14.9)$$

حيث F قوة المجال الكهربائي، Q الشحنة الناتجة عن المجال الكهربائي، q شحنة الجسيم، r المسافة بين مصدر الشحنة والجسيم، k ثابت كولوم، وتكون إشارة Q موجبة اذا كانت اتجاه المجال خارج من الشحنة، وتكون الاشارة سالبة اذا كان اتجاه المجال داخل إلى الشحنة.

وعند وجود أكثر من شحنتين فإن محصلة الشحنات تحسب بالقانون:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i \quad \& \quad \vec{E} = \sum_{i=1}^{N} \vec{E}_i \qquad (14.10)$$

مثال 14.1.77 السؤال

أحسب شدة المجال الكهربائي على بعد $0.1nm$ من نواة ذرة الهيليوم؟

الحل

تعيين المعطيات: $q{=}1.6{\times}10^{-19}C$ ، $r{=}0.1{\times}10^{-9}m$

نقطة　　نواة الهيليوم

0.1nm

التطبيق: شحنة نواة الهيليوم

$q{=}2{\times}1.6{\times}10^{-19}$

$=3.2{\times}10^{-19}C$

(شدة المجال الكهربائي) $E = \frac{Kq}{r^2}$

$=\frac{9{\times}10^{9}{\times}3.2{\times}10^{-19}}{(0.1{\times}10^{-9})^{2}}$

$=28.8{\times}10^{10}N/C$

النتيجة: شدة المجال الكهربائي $28.8{\times}10^{10}$ نيوتن / كولوم.

14.1.1.6 الطاقة الكهربائية الكامنة بين جسيمين مشحونين

$$PE = \frac{kq_1q_2}{r} \quad (14.11)$$

حيث PE الطاقة الكهربائية الكامنة بين الجسمين، q_1q_2 شحنتي الجسيمين، r المسافة بين مصدر الشحنة والجسيم، k ثابت كولوم.

مثال 14.1.78 السؤال

احسب الطاقة الكامنة بين جسيمين مشحونين بشحنة موجبه $q_1{=}2\mu C$ و $q_2{=}3\mu C$ والمسافة بينهما $10cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q_1{=}2\mu C$ ، $q_2{=}3\mu C$ ، $r{=}0.1m$

التطبيق:

$$PE{=}\frac{kq_1q_2}{r}$$

$$={\frac{9{\times}10^9{\times}2{\times}10^{-6}{\times}3{\times}10^{-6}}{0.1}}$$

$$=0.54J$$

النتيجة: الطاقة الكامنة بين الجسمين المشحونين 0.54 جول.

14.1.1.7 فرق جهد الطاقة الكهربائية الكامنة

$$V = \frac{PE}{q} \quad (14.12)$$

حيث V فرق الجهد الكهربائي، PE الطاقة الكهربائية الكامنة، q شحنة الجسيم.

مثال 14.1.79 السؤال

احسب الطاقة الكهربائية الكامنة في سطح يحمل شحنة مقدارها $8nC$ وفرق جهده مع محيطه $150V$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q{=}8{\times}10^{-9}C$ ، $V{=}150V$

التطبيق:

$$V{=}\frac{PE}{q}$$

$$PE{=}Vq$$

$$=150{\times}8{\times}10^{-9}$$

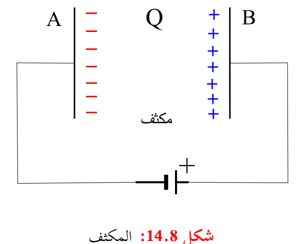
$$=1.2{\times}10^{-6}J$$

النتيجة: الطاقة الكهربائية الكامنة $1.2{\times}10^{-6}$ جول.

14.1.1.8 السعة والمكثفات

السعة الكهربائية هي كمية تعبر عن مقدرة المكثف على حفظ وتخزين الشحنات الكهربائية. وتقاس بوحدة فاراد.[1]

يتكون المكثف من لوحين (A و B) أحدهما يوصل بالقطب السالب والآخر بالقطب الموجب للبطارية (المصدر)، عندها تنتقل الإلكترونات من البطارية إلى اللوح A الموصول بالقطب السالب، وتتجمع عليه، وهذا يحدث تنافر مع إلكترونات اللوح المقابل B ، فتبتعد عن سطح اللوح، وهذا ينتج فرق جهد بين اللوح A السالب واللوح B الموجب، وتستمر زيادة فرق الجهد إلى أن يصبح فرق جهد المكثف مساوي لفرق جهد البطارية، عندها تتوقف عملية الشحن، ونقول أن المكثف مشحون.



شكل 14.8: المكثف

$$C = \frac{q}{\Delta V} \quad (14.13)$$

حيث ΔV فرق الجهد الكهربائي، C السعة الكهربائية، q الشحنة.

[1] نسبة لمايكل فارادى، كيميائي وفيزيائي انجليزي توفي عام 1867م.

مثال 14.1.80 السؤال

سطح يحمل شحنة مقدارها $6nC$ وفرق جهده مع محيطه $200V$ ، أحسب السعة الكهربائية من السطح ومحيطه ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=6\times10^{-9}C$ ، $V=200V$

التطبيق:

$C=\frac{q}{V}$

$=\frac{6\times10^{-9}}{200}$

$=3\times10^{-11}F$

النتيجة: السعة الكهربائية تساوي 3×10^{-11} فارارد.

الطاقة المخزنة في المكثف

$$E=\frac{1}{2}QV \qquad (14.14)$$

حيث E الطاقة المخزنة في المكثف، V فرق الجهد الكهربائي، Q الشحنة.

مثال 14.1.81 السؤال

مكثف شحنته $9.6nC$ وفرق الجهد بين طرفيه $120V$، احسب الطاقة المخزنة فيه ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=9.6\times10^{-9}C$ ، $V=120V$

التطبيق:

$E=\frac{1}{2}QV$

$=0.5\times9.6\times10^{-9}\times120$

$=5.76\times10^{-7}J$

النتيجة: الطاقة المخزنة في المكثف تساوي 5.76×10^{-7} جول.

14.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الطاقة الكهربائية الكامنة في سطح يحمل شحنة مقدارها $35nC$ وفرق جهده مع محيطه $120V$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=35\times10^{-9}C$ ، $V=120V$

التطبيق:

$$E=\frac{1}{2}QV$$
$$=0.5\times35\times10^{-9}\times120$$
$$=2.1\times10^{-6}J$$

2- ما هي وحدة فرق الجهد الكهربائي ؟

ا) V ✓
ب) C
ج) N/C
د) N

3- إذا كانت شدة المجال الكهربائي $2000N/C$ ، والمسافة بين السطحين $3m$ ، احسب فرق الجهد بينهما ؟
$E=\frac{v}{d}$

ا) $1000V$
ب) $666.6V$
ج) $6000V$ ✓
د) $2003V$

4- يجب أن تكون شحنة الاختبار في المجال الكهربائي ؟

ا) صغيرة وموجبة ✓
ب) كبيرة وموجبة
ج) صغيرة وسالبة
د) كبيرة وسالبة

5- احسب شدة المجال الكهربائي بين قطبين يبعدان عن بعضهما $4m$ وفرق الجهد بينهما $220V$ ؟
$E=\frac{v}{d}$

ا) $55N/C$ ✓
ب) $880N/C$
ج) $220N/C$
د) $16N/C$

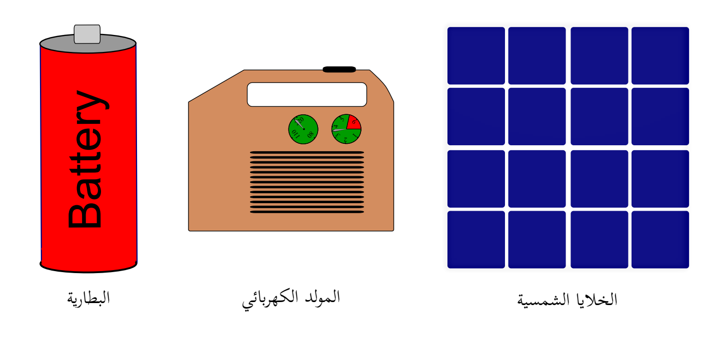
6- احسب القوة الكهربائية التي تؤثر بها شحنة $4\times10^{-9}C$ ، على شحنة اختبار موجبة مقدارها $1C$ وتبعد $1m$ ؟ $F=\frac{Kq_1q_2}{r^2}$

ا) $36N$ ✓
ب) $100N$
ج) $13N$
د) $8.5N$

15

التيار المستمر

- مصادر التيار الكهربائي
- التيار الكهربائي والشحنة
- المقاومة الكهربائية



مقدمة

التيار الكهربائي هو سيل من الالكترونات، تنتقل في مادة موصلة للتيار الكهربائي.

إن استخدام الناس لمصطلح «استهلاك الكهرباء» أدى إلى ترسيخ مفهوم خاطيء عن التيار الكهربائي، فأصبحنا نعتقد أن الأجهزة الكهربائية تلتهم الإلكترونات مثلما يفعل باكمان ، أي بما أن التيار هو سيل من الإلكترونات إذاً الأجهزة تستهلك الإلكترونات؟! ، بينما الحقيقة أن الالكترونات تعمل مثل جنزير الدراجة الذي ينقل الحركة من الدواسة إلى العجلة الخلفية. إن الالكترونات تنقل الطاقة الحركية من قلب مولد الكهرباء المتحرك إلى الجهاز الكهربائي في رحلة قد تبلغ مئات الكيلومترات، ، إن الأجهزة الكهربائية لا تستهلك الكهرباء أي لا تستهلك الإلكترونات وإنما تقوم بإنتزاع جزء من الطاقة الحركية لإلكترونات التيار لإنتاج الضوء أو الصوت أو الحرارة أو . . . .

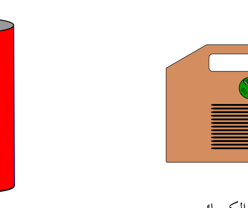
15.1 مصادر التيار الكهربائي

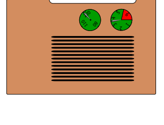
يوجد للتيار الكهربائي عدة مصادر أهمها المولدات والبطاريات والخلايا الشمسية، وتنتج هذه المصادر نوعين من التيار الكهربائي:

1) التيار المستمر DC

2) التيار المتردد AC

⋆ ومضة
كان الناس يستخدمون مولدات التيار المستمر،ثم تم اختراع مولدات التيار المتردد فتم الانتقال لها.





الخلايا الشمسية — المولد الكهربائي — البطارية

شكل 15.1: من مصادر التيار الكهربائي



⋆ ومضة
كمية الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض 1353 جول/متر مربع.ثانية ويسمى الثابت الشمسي، وينعكس 30% منها في الغلاف الجوي.

إتجاه التيار الكهربائي

- الاتجاه الهندسي (الافتراضي) للتيار الكهربائي ويكون من القطب الموجب للقطب السالب.
- الاتجاه الفيزيائي (الحقيقي) للتيار الكهربائي ويكون من القطب السالب للقطب الموجب.

وفي قوانين مادة الفيزياء يعتبر أن اتجاه انتقال التيار يكون من القطب الموجب ذي الجهد العالي إلى القطب السالب ذي الجهد المنخفض، لأن قوانين الكهرباء الأساسية وضعت قبل أن يكتشف العلماء أن شحنة الإلكترون سالبة وليست موجبة، وأصبح من الصعب تعديل كل كتب الكهرباء بعد ذلك.

15.2 القدرة الكهربائية والشغل والتيار

$$P = \frac{W}{t} \tag{15.1}$$

$$P = VI \tag{15.2}$$

حيث P القدرة، V فرق الجهد الكهربائي، t الزمن، I شدة التيار الكهربائي، W الشغل.

مثال 15.2.82 السؤال

ما مقدار القدرة عندما يكون فرق الجهد $V{=}6V$ وشدة التيار $I{=}1.4A$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V{=}6V$ ، $I{=}1.4A$

التطبيق:

$$P = VI$$

$$= 6 \times 1.4$$

$$=8.4W$$

النتيجة: القدرة الكهربائية تساوي 8.4 وات.

15.3 التيار والشحنة

التيار الكهربائي هو عبارة عن تدفق من الشحنات الكهربائية. ووحدته الأمبير[1].

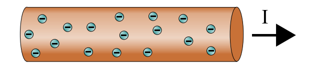
إن التيار الكهربائي عبارة عن إلكترونات حرة تتحرك في مواد موصلة للتيار الكهربائي، وإلكترونات التيار الكهربائي تسير بسرعة كبيرة وبحركة عشوائية في اتجاه التيار، بمعنى أن الإلكترونات لا تسير في شكل سلاسل مستقيمة من المولد أو البطارية إلى المصباح، وإنما يتحرك كل إلكترون بصورة فردية لكن في نفس اتجاه التيار، وهذا يسبب إصطدامات كثيرة جدا بين الإلكترونات، وهذه التصادمات تؤدي إلى فقد الإلكترونات لجزء من طاقتها الحركية على شكل حرارة في الاسلاك.

★ ومضة

في خطوط الضغط العالي يرفع فرق الجهد لتقليل التيار (عدد الالكترونات) فتقل التصادمات ولا يسخن السلك بدرجة عالية.

$$I = \frac{q}{t} \tag{15.3}$$

حيث I شدة التيار، q الشحنة، t الزمن.



شكل 15.2: إلكترونات التيار الكهربائي تسير بسرعة كبيرة وبحركة عشوائية في اتجاه التيار

مثال 15.3.83 السؤال

إذا كان التيار المنزلي الداخل إلى المنزل $I{=}9.8A$ خلال زمن $t{=}3min$ فاحسب الشحنة الكهربائية الداخلة [16]؟

الحل

تعيين المعطيات: $I{=}9.8A$ ، $t{=}3min{=}180s$

التطبيق:

$$q{=}It$$

$$={9.8}{\times}{180}$$

$$={1764}C$$

النتيجة: الشحنة الكهربائية الداخلة 1764 كولوم.



15.4 المقاومة الكهربائية

المقاومة الكهربائية هي قابلية المواد لمقاومة مرور التيار. ووحدتها الأوم[2].



شكل 15.3: المقاومة الكهربائية [11]

قانون أوم

تتناسب شدة التيار المار في موصل تناسبا طرديا مع فرق الجهد بين طرفيه مع ثبوت درجة الحرارة.

$$R = \frac{V}{I} \tag{15.4}$$

حيث I شدة التيار، V فرق الجهد الكهربائي، R المقاومة الكهربائية.

[1] أمبير فيزيائي فرنسي توفي عام 1836م.

[2] أوم فيزيائي الماني توفي عام 1854م.

مثال 15.4.84 السؤال

مقاومة 60Ω وفرق الجهد المؤثر عليها $220V$ ، احسب التيار الخارج؟

الحل

تعيين المعطيات: $R=60\Omega$ ، $V=220V$

$I=\frac{V}{R}$

$=\frac{220}{60}$

$=3.66A$

التطبيق:

النتيجة: التيار الكهربائي الخارج من المقاومة يساوي 3.66 أمبير.

قانون أوم للدائرة المغلقة

$$V_B=I\times(R+r)$$

حيث V_B القوة الدافعة الكهربائية، R المقاومة الخارجية، r المقاومة الداخلية للمصدر الكهربائي.

القوة الدافعة الكهربائية هي الشغل المبذول داخل وخارج العمود (المصدر) لنقل شحنة مقدارها $1C$ داخل الدائرة الكهربائية.

القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد

$$V=V_B-Ir$$

حيث V فرق الجهد الكهربائية، V_B القوة الدافعة الكهربائية، r المقاومة.

مثال 15.4.85 السؤال

احسب شدة التيار الكلي في دائرة مغلقة تحتوي بطارية جهدها $1.5V$ ومقاومتها الداخلية 0.1Ω ، ومقاومة خارجية 2Ω ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_B=1.5V$ ، $R=2\Omega$ ، $r=0.1\Omega$

$V_B=I\times(R+r)$

$I=\frac{V_B}{R+r}=\frac{1.5}{2+0.1}$

$=0.71A$

التطبيق:

النتيجة: شدة التيار الكلي في الدائرة يساوي 0.71 أمبير.

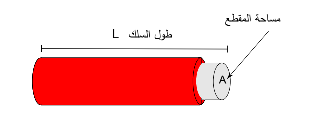
15.5 المقاومة النوعية أو المقاومية

هي خاصية للمادة توضح قابلية المادة لتوصيل التيار الكهربائي. ووحدتها $\Omega.m$.

$$R=\rho\frac{L}{A} \qquad (15.5)$$

حيث ρ المقاومة النوعية أو المقاومية وتنطق رو ، L طول السلك الناقل، A مساحة المقطع العرضي للسلك الناقل، R المقاومة الكهربائية.

أي أن مقاومة المادة للتيار الكهربائي، أو موصليته، تعتمد على طوله ومساحة مقطعه ونوعه، وذلك عند ثبوت درجة الحرارة.



شكل 15.4: المقاومة النوعية

مثال 15.5.86 السؤال

احسب مقاومة سلك من النحاس طوله $20cm$ ومساحة مقطعة $1.5mm^2$ والمقاومة النوعية للنحاس $1.68\times10^{-8}\Omega.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L=20cm=0.2m$ ، $\sigma=1.68\times10^{-8}\Omega$ ، $A=1.5mm^2$

التطبيق:

$$R=\sigma\frac{L}{A}$$

$$=1.68\times10^{-8}\times\frac{20\times10^{-2}}{1.5\times10^{-6}}$$

$$=22.4\times10^{-4}\Omega$$

النتيجة: مقاومة السلك النحاسي تساوي 22.4×10^{-4} أوم.

15.6 القدرة الكهربائية والمقاومة

القدرة الكهربائية هي معدل تدفق الطاقة الكهربائية في موصل، ووحدتها الوات[3].

$$P=VI=IR^2=\frac{V^2}{R} \tag{15.6}$$

حيث P القدرة الكهربائية، V فرق الجهد، I شدة التيار، R المقاومة الكهربائية.

مثال 15.6.87 السؤال

إذا كان لدينا تيار متردد فرق جهده $110V$ يمر بمقاومة مجهولة معطيا قدرة مقدارها $1000W$، احسب المقاومة المستخدمة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=110V$ ، $P=1000W$

التطبيق:

$$R=\frac{V^2}{P}$$

$$=\frac{110^2}{1000}$$

$$=12.1\Omega$$

النتيجة: المقاومة المجهولة تساوي 12.1أوم.

15.7 الطاقة الكهربائية أو الشغل

$$E_{\text{الطاقة}}=W_{\text{الشغل}}=P.\Delta t \tag{15.7}$$

$$W=Vq$$

حيث E الطاقة الكهربائية، W الشغل، P القدرة، Δt الزمن.

مثال 15.7.88 السؤال

احسب الطاقة الكهربائية المارة في المقاومة الموجودة في المثال السابق خلال 40 ثانية ؟

الحل

تعيين المعطيات: $t=40s$

التطبيق:

$$E=P.\Delta t$$

$$=1000\times40$$

$$=40000J$$

النتيجة: الطاقة الكهربائية المارة في المقاومة تساوي 40 كيلوجول.

[3] وات مهندس انجليزي حسّن المحرك البخاري، وابتكر وحدة الحصان للقدرة، توفي عام 1819م.

15.8 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب مقاومة سلك من النحاس طوله $30cm$ ومساحة مقطعة $2mm^2$ والمقاومة النوعية للنحاس $1.68\times10^{-8}\Omega.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L=30cm$ ، $A=2mm^2$ ، $\sigma=1.68\times10^{-8}\Omega$

التطبيق:

$$R=\sigma\frac{L}{A}$$
$$=1.68\times10^{-8}\times\frac{30\times10^{-2}}{2\times10^{-6}}$$
$$=2.52\times10^{-3}\Omega$$

2- ما هي وحدة القدرة الكهربائية ؟

ا) N ج) W ✓

ب) A د) V

3- خلية شمسية تنتج تيار كهربائي شدته $0.5A$ و فرق جهده $12V$ ، احسب الزمن اللازم لانتاج تيار طاقته $600J$ ؟

ا) $3600s$ ج) $100s$ ✓

ب) $50s$ د) $300s$

4- طفل لديه لعبة، إذا حركها تنتج ضوء، ماذا تحتوي هذه اللعبة ؟

ا) محرك كهربائي ج) سخان كهربائي

ب) مولد كهربائي ✓ د) مروحة كهربائية

5- في أشباه الموصلات الخيالية، أي فجوة طاقة تعطي أعلى موصلية ؟

ا) $1.2eV$ ج) $0.9eV$

ب) $1eV$ د) $0.7eV$ ✓

6- أوجد التيار إذا كانت القدرة تساوي $1100W$ ، وفرق الجهد $220V$ ؟

ا) $5A$ ✓ ج) $20A$

ب) $8A$ د) $4A$

7- تستخدم المقاومة المتغيرة في الدائرة الكهربائية للتحكم في ؟

ا) فرق الجهد ج) شدة المجال الكهربائي

ب) شدة التيار ✓ د) شدة المجال المغناطيسي

8- النسبة بين الشغل اللازم لتحريك الشحنة ومقدارها يسمى ؟

ا) الجهد الكهربائي ✓ ج) السعة الكهربائية

ب) شدة التيار د) المجال المغناطيسي

9- التوصيل الكهربائي يكون أسرع في ؟

ا) الحديد ✓ ج) الزيت

ب) الاكسجين د) الفراغ

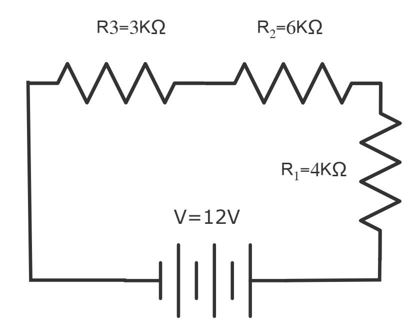
10- يعبر عن الشحنات التي تعبر مقطع السلك خلال ثانية واحدة ؟

ا) التيار الكهربائي ✓ ج) الجهد الكهربائي

ب) المقاومة الكهربائية د) المجال الكهربائي

16

التوصيل على التوالي والتوازي



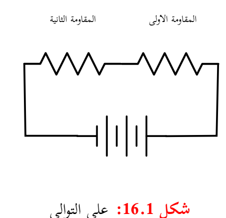
- التوصيل على التوالي
- التوصيل على التوازي

مقدمة

16.1 التوصيل على التوالي

المقاومة الكهربائية هي إعاقة المادة لمرور التيار الكهربائي (الإلكترونات) خلالها.

المقاومات على التوالي عند توصيلنا للمقاومات على التوالي نحصل على مقاومة كبيرة تعيق مرور التيار الكهربائي في الدائرة .



شكل 16.1: على التوالي

$$R = R_1 + R_2 \Rightarrow R = \sum R_n \tag{16.1}$$

حيث R المقاومة الكلية في الدائرة، R_1المقاومة الأولى، R_2 المقاومة الثانية.

مثال 16.1.89 السؤال

احسب المقاومة الكلية في الدائرة التالية:

الحل

تعيين المعطيات:

التطبيق:

$R_{\text{الكلية}}=R_1+R_2+R_3$

$=4000+6000+3000$

$=13K\Omega$

النتيجة: المقاومة الكلية في الدائرة 13 كيلو أوم.

شدة التيار على التوالي شدة التيار الكهربائي تبقى ثابته ولا تتأثر عند توصيل المقاومات على التوالي.

$$I = I_1 = I_2 \tag{16.2}$$

حيث I شدة التيار الكلية في الدائرة، I_1شدة التيار الأولى، I_2 شدة التيار الثانية.

مثال 16.1.90 السؤال

احسب التيار الكلي في الدائرة السابقة:

الحل

تعيين المعطيات:

التطبيق:

$I_{\text{الكلي}}=\frac{E_{\text{الكلي}}}{R_{\text{الكلية}}}$

$=\frac{12}{13000}$

$=9.2\times10^{-4}A$

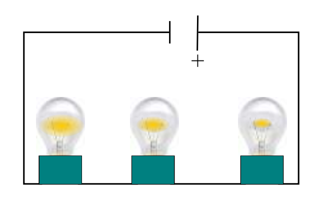
النتيجة: التيار الكلي في الدائرة 9.2×10^{-4} أوم.

فرق الجهد الكهربائي على التوالي فرق الجهد الكهربائي هو الطاقة اللازمة لدفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب.

عند مرور التيار الكهربائي في مقاومات على التوالي، نلاحظ أن فرق الجهد الكهربائي يبدأ بالانخفاض التدريجي، فيكون كبير في المقاومة الأولى ثم أقل في الثانية ثم أقل في الثالثة وهكذا، ولهذا نلاحظ أن المصابيح الموصولة على التوالي تنخفض شدة إضائتها كلما ابتعدنا عن المصدر الكهربائي.

$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V = \sum V_n \qquad (16.3)$$

حيث V فرق الجهد الكلي في الدائرة، V_1فرق الجهد الأول، V_2 فرق الجهد الثاني.



شكل 16.2: شدة إضاءة المصابيح تقل كلما ابتعدنا عن المصدر إذا كان التوصيل على التوالي.

مثال 16.1.91 السؤال

احسب الجهد الكهربائي على كل مقاومة في الدائرة السابقة:

الحل

تعيين المعطيات:

التطبيق:

$$V = IR$$

$$V_1 = 9.2\times10^{-4}\times4$$

$$= 3.6\times10^{-3}V$$

$$V_2 = 9.2\times10^{-4}\times6$$

$$= 5.5\times10^{-3}V$$

$$V_3 = 9.2\times10^{-4}\times3$$

$$= 2.7\times10^{-3}V$$

المكثفات على التوالي إذا وصلت المكثفات على التوالي فإن جهدها الكلي يساوي مجموع فرق الجهد على كل مكثف

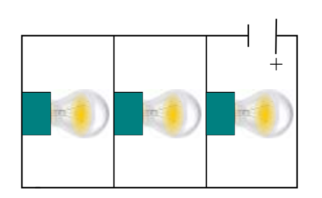
$$\Sigma V = V_1 + V_2 + ... + V_n \qquad (16.4)$$

أما السعة الكلية لها فتحسب بالقانون

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n} \qquad (16.5)$$

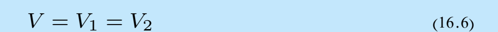
16.2 التوصيل على التوازي

فرق الجهد الكهربائي على التوازي عند مرور التيار الكهربائي في مقاومات على التوازي، نلاحظ أن فرق الجهد الكهربائي يبقى ثابت، فيكون في المقاومة الأولى مساوي له في المقاومة الثانية والثالثة وهكذا، ولهذا نلاحظ أن المصابيح الموصولة على التوازي تبقى شدة إضائتها كما هي في جميع المصابيح، وهذا هو السبب الذي يجعلنا نوصل جميع الأجهزة المنزلية على التوازي.

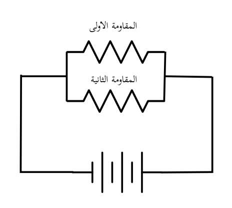


شكل 16.3: شدة إضاءة المصابيح تبقى ثابتة إذا كان التوصيل على التوازي.

$$V = V_1 = V_2 \qquad (16.6)$$



حيث V فرق الجهد الكلي في الدائرة، V_1فرق الجهد الأول، V_2 فرق الجهد الثاني.



شكل 16.4: على التوازي

المقاومات على التوازي توصيل المقاومات على التوازي يخفض المقاومة الكلية، وهذه ميزة لأن إعاقة التيار تقل.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \sum(\frac{1}{R_n}) \quad (16.7)$$

حيث R المقاومة الكلية في الدائرة، R_1المقاومة الأولى، R_2 المقاومة الثانية.

مثال 16.2.92 السؤال

مقاومتان 6 اوم و 3 اوم وصلتا على التوازي ثم وصل بين طرفيهما المشتركين فرق جهد 12 فولت، احسب المقاومة الكلية لهما؟

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=6\Omega$ ، $R_2=3\Omega$ ، $V=12V$

التطبيق:

$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$

$\frac{1}{R}=\frac{1}{6}+\frac{1}{3}$

$R=\frac{6\times3}{6+3}=\frac{18}{9}$

$=2\Omega$

النتيجة: المقاومة الكلية تساوي 2 أوم.

شدة التيار على التوازي شدة التيار تتجزأ على المقاومات الموصولة على التوازي.

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = \sum I_n \quad (16.8)$$

حيث I شدة التيار الكلية في الدائرة، I_1شدة التيار الأولى، I_2 شدة التيار الثانية.

مثال 16.2.93 السؤال

من المثال السابق، احسب شدة التيار وشدة التيار المار في كل منهما؟

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=6\Omega$ ، $R_2=3\Omega$ ، $V=12V$

التطبيق: شدة التيار:

$I=\frac{V}{R}$

$=\frac{12}{2}=6A$

شدة التيار المار في كل منهما:

$I_1=\frac{V}{R_1}$

$=\frac{12}{6}=2A$

$I_2=\frac{V}{R_2}$

$=\frac{12}{3}=4A$

المكثفات على التوازي إذا وصلت المكثفات على التوازي فإن جهودها تكون متساوية

$$V_1 = V_2 = ... = V_n \quad (16.9)$$

أما السعة الكلية لها فتحسب بالقانون

$$\Sigma C = C_1 + C_2 + ... + C_n \quad (16.10)$$

16.3 قوانين كيرشوف

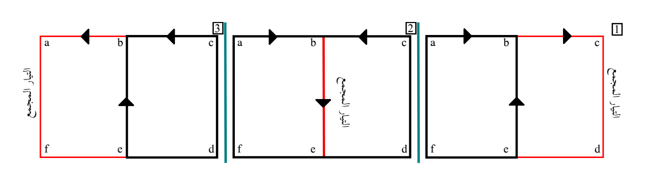
القانون الأول مجموع التيارات الكهربائية الداخلة عند نقطة في دائرة كهربائية مغلقة يساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة منها.

$\sum I_{in}=\sum I_{out} \Rightarrow \sum I=0$

القانون الثاني المجموع الجبري للقوى الدافعة الكهربائية في دائرة مغلقة يساوي المجموع الجبري لفروق الجهد في الدائرة.

$\sum V_B=\sum V=\sum I.R$

مع ملاحظة إضافة المقاومة الداخلية للبطارية (إن وجدت) إلى المقاومة الخارجية، كما يفضل أن نختار الدائرتان اللتان تحتويان السلك الذي يحتوي التيار المجمّع كما في الرسم التوضيحي. ففي الرسم (1) نختار الدائرة $acdfa$ و الدائرة $bcdeb$ ، بينما في الرسم (2) نختار الدائرتين $abefa$ و $bcdeb$ ، وفي الرسم (3) نختار الدائرتين $acdfa$ و $abefa$.



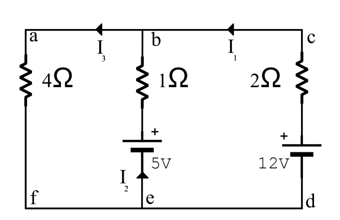
شكل 16.5: التيار المجمّع في كيرشوف

مثال 16.3.94 السؤال

احسب شدة التيار في كل فرع داخل الدائرة الكهربائية الموضحة بالرسم ؟

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=2\Omega$ ، $R_2=1\Omega$ ، $R_3=4\Omega$
$V_{B1}=12V$ ، $V_{B2}=5V$



التطبيق: نطبق القانون الأول على الدائرة الكلية

$$I_3=I_1+I_2 \qquad (1)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $abefa$

$$5=(1\times I_2)+(4\times I_3)$$

$$5=I_2+4I_3 \qquad (2)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $acdfa$

$$12=(2\times I_1)+(4\times I_3)$$

$$12=2I_1+4I_3 \qquad (3)$$

نعوض من (1) في (2) و(3) فتصبح

$$5=I_2+4I_1+4I_2=4I_1+5I_2$$

$$12=2I_1+4I_1+4I_2=6I_1+4I_2$$

نوحد معاملات I_1 بضرب المعادلة الأولى في 3 والمعادلة الثانية في 2 :

$$15=12I_1+15I_2$$

$$24=12I_1+8I_3$$

نطرح المعادلتين (2) و (3) من بعضهما

$$24-15=12I_1-12I_1+8I_2-15I_2$$

$$9=-7I_2$$

$$I_2=\frac{-9}{7}=-1.28A$$

والاشارة السالبة تدل على أن اتجاه التيار I_2 في الرسم خاطيء، لكن النتيجة العددية صحيحة.
نعوض في المعادلة (2) لحساب I_3

$$5=I_2+4I_1=-1.28+4I_3$$

$$5+1.28=4I_3$$

$$I_3=\frac{6.28}{4}=1.57A$$

نعوض في القانون (1) لحساب I_1

$$I_3=I_1+I_2$$

$$I_1=I_3-I_2=1.57-(-1.28)=2.85A$$

النتيجة: التيار $I_1=2.85A$ ، $I_2=-1.28A$ ، $I_3=$ $1.57A$ ، واتجاه التيار I_2 خاطيء على الرسم.

16.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- مقاومتان 10Ω و 8Ω وصلتا على التوازي ثم وصل بين طرفيهما المشتركين فرق جهد 12 فولت، احسب المقاومة الكلية لهما؟

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=10\Omega$ ، $R_2=8\Omega$ ، $V=12V$

التطبيق:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{10}+\frac{1}{8}$$

$$R=\frac{10\times8}{10+8}=\frac{80}{18}$$

$$=4.44\Omega$$

المقاومة الكلية تساوي 4.44 أوم.

2- ما هي وحدة المقاومة الكهربائية ؟

ا) أمبير   ج) فولت

ب) أوم ✓   د) كولوم

3- احسب المقاومة المكافئة للمقاومتين 3Ω و 6Ω الموصولتين على التوازي ؟

ا) 2Ω ✓   ج) 18Ω

ب) 9Ω د) 0.5Ω

4- ربط مقاومتين على التوالي يجعل ..... ؟

ا) $I_1=I_2$ & $v_1=v_2$ ج) $I_1\neq I_2$ & $v_1=v_2$

ب) $I_1=I_2$ & $v_1\neq v_2$ ✓   د) $I_1\neq I_2$ & $v_1\neq v_2$

5- ربط مقاومتين على التوازي يجعل ..... ؟

ا) $I_1=I_2$ & $v_1=v_2$ ج) $I_1\neq I_2$ & $v_1=v_2$ ✓

ب) $I_1=I_2$ & $v_1\neq v_2$ د) $I_1\neq I_2$ & $v_1\neq v_2$

6- ربطنا اربع مقاومات على التوالي 1Ω ، 2Ω ، 3Ω ، 4Ω مع بطارية قدرتها $12V$ احسب التيار التيار المار في الدائرة ؟ $I=\frac{v}{r_1+\ldots+r_4}$

ا) $1.2A$ ✓   ج) $12A$

ب) $10A$ د) $22.5A$

7- جميع الأجهزة الكهربائية المنزلية موصولة على التوازي لأن ؟

ا) فرق الجهد ثابت ✓   ج) التيار الكهربائي ثابت

ب) المقاومة ثابتة   د) المقاومة النوعية ثابتة

8- احسب شدة التيار في كل فرع داخل الدائرة الكهربائية الموضحة بالرسم ؟

a b c d e f ; 1Ω ; 3Ω ; 5Ω ; I_3 ; I_1 ; I_2 ; 4V ; 1.5V ; 9V

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=2\Omega$ ، $R_2=1\Omega$ ، $R_3=4\Omega$

$V_{B1}=12V$ ، $V_{B2}=5V$

التطبيق: نطبق القانون الأول على الدائرة الكلية

$$I_2=I_1+I_3 \qquad (1)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $abefa$

$$4+1.5=(3\times I_2)+(1\times I_3)$$

$$5.5=3I_2+I_3 \qquad (2)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $bcdeb$

$$9+1.5=(5\times I_1)+(3\times I_2)$$

$$10.5=5I_1+3I_2 \qquad (3)$$

نعوض من (1) في (2) و(3) فتصبح

$$5.5=3I_1+3I_3+I_3=3I_1+4I_3$$

$$10.5=5I_1+3I_1+3I_3=8I_1+3I_3$$

نوحد معاملات I_3 بضرب المعادلة الأولى في 3 والمعادلة الثانية في 4 :

$$16.5=9I_1+12I_3$$

$$42=32I_1+12I_3$$

نطرح المعادلتين (2) و (3) من بعضهما

$$42-16.5=8I_1-3I_1+3I_3-4I_3$$

$$25.5=32I_1-9I_1+12I_3-12I_3=23I_1$$

$$I_1=\frac{25.5}{23}=1.1A$$

نعوض في المعادلة (3) لحساب I_2

$$10.5=5I_1+3I_2=5.5+3I_2$$

$$10.5-5.5=3I_2$$

$$I_2=\frac{5}{3}=1.66A$$

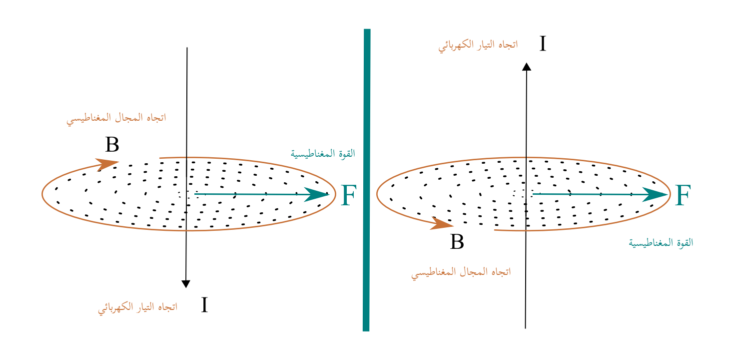
نعوض في القانون (1) لحساب I_3

$$I_2=I_1+I_3$$

$$I_3=I_2-I_1=1.6-1.1=0.5A$$

17

المجال المغناطيسي



- المجال المغناطيسي
- القوة المغناطيسية
- الحث المغناطيسي

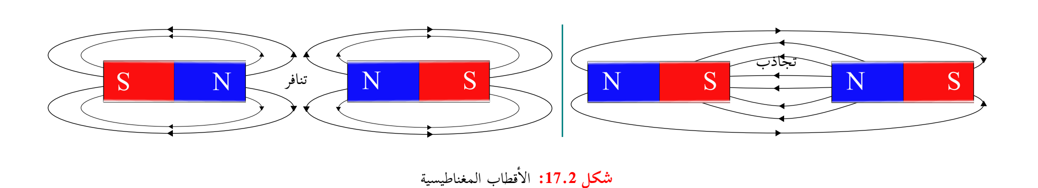
مقدمة

تنشأ المغناطيسية (العزم المغناطيسي) نتيجة إعادة ترتيب العزم المغناطيسي للالكترونات الموجودة في المدار الفرعي $3d$ في المواد القابلة للمغنطة بحيث يصبح دورانها في نفس الاتجاه، وذلك إما بشكل طبيعي داخل الأرض، أو بشكل صناعي بعدة طرق، منها تمرير تيار شدته $3-4A$ في خليط من الحديد وبعض المعادن القابلة للمغنطة مثل النيكل والكوبلت والنوديميوم، ولمدة $20-30s$ ، أو بالتلبيد للمواد الفريتية، ومن أقواها مغناطيس النيبيديوم $Nd_2Fe_{14}B$ ، كما يمكن صنع مغناطيس كهربائي مؤقت بإمرار التيار الكهربائي في ملف يحيط بقلب معدني، إلا أن الأخير يفقد مغناطيسيته عند فصل التيار. وقد استفاد الإنسان من هذه الخاصية في معرفة الاتجاهات باستخدام البوصلة، فالقطب الشمالي لابرة البوصلة يتجه للقطب الجنوبي المغناطيسي للأرض، والعكس صحيح، كما استفاد من المغناطيسية في صنع قلوب المولدات الكهربائية ومكبرات الصوت.

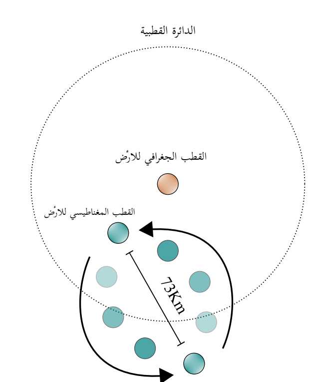



شكل 17.1: البوصلة[11]

الأقطاب المغناطيسية



شكل 17.2: الأقطاب المغناطيسية



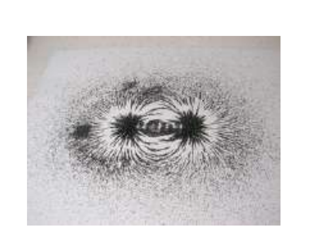
شكل 17.3: القطب المغناطيسي للأرض لا يتطابق مع قطبها الجغرافي، ويتغير مكانه في مدى 73 كم في كل عام.

لكل مغناطيس قطبان، شمالي N وجنوبي S، والاقطاب المغناطيسية تشبه في تجاذبها وتنافرها، تفاعل الشحنات مع بعضها، فالأقطاب المتشابهة تتنافر، والأقطاب المختلفة تتجاذب، فإذا وضع قطب شمالي لمغناطيس أمام قطب شمالي لمغناطيس آخر فإنهما يتنافرآن لتشابههما، أما لو جعلنا القطب الشمالي للمغناطيس الأول أمام القطب الجنوبي لمغناطيس آخر فإنهما يتجاذبان.

17.1 المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي هو الحيز الذي يحيط بالمغناطيس ويظهر فيه أثره.

إن الابرة المعدنية على سبيل المثال، تنجذب للمغناطيس طالما كانت في مدى معين، يختلف باختلاف قوة المغناطيس، فإذا خرجت من هذا المدى، فقد المغناطيس قدرته على التأثير عليها؟! ، إن المدى الذي يؤثر فيه المغناطيس يمثل بخطوط تسمى خطوط المجال المغناطيسي، وتكون خطوط المجال خارجة من القطب الشمالي N للمغناطيس، وداخلة للقطب الجنوبي S منه. ولكي نستطيع رؤية خطوط المجال المغناطيسي، نقوم بوضع المغناطيس على ورقة بيضاء، ثم ننثر برادة الحديد على الورقة، فتتشكل البرادة على شكل خطوط المجال المغناطيسي، كما في الصورة.

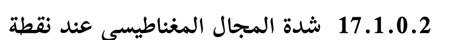


شكل 17.4: برادة الحديد ترسم خطوط المجال المغناطيسي للمغناطيس.[11]

17.1.0.1 المجال المغناطيسي في سلك

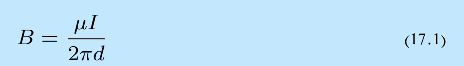
حين يمر التيار الكهربائي في سلك فإنه ينتج مجال مغناطيسي على شكل دوائر مركزها السلك، وهذه الدوائر تمثل المنطقة التي تؤثر فيها شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض المغناطيسي)، ويكون اتجاه القوة المغناطيسية F عمودي على السلك، وفي نفس مستوى خطوط المجال حول السلك، كما في الرسم التوضيحي، وتستخدم قاعدة اليد اليمنى لأمبير، لتحديد إتجاه التيار I والمجال المغناطيسي B .[1]

شكل 17.5: المجال المغناطيسي



17.1.0.2 شدة المجال المغناطيسي عند نقطة

شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض المغناطيسي) هو قوة المجال المغناطيسي المؤثر على نقطة معينة نتيجة مرور تيار كهربائي معين.



$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} \quad (17.1)$$

$$B = \frac{F}{ILsin\theta} \quad (17.2)$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية للهواء، I شدة التيار الكهربائي، d المسافة العمودية على السلك، F القوة المغناطيسية.

[1] مكتشف هذه الظاهرة الدنمركي هانز اورستيد المتوفي عام 1851م.

التسلا $Tesla$ هي شدة المجال المغناطيسي التي تولد قوة $1N$ في سلك طوله $1m$ ويمر به تيار $1A$.[2]

مثال 17.1.95 السؤال

احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $17cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $12A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times10^{-7} weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=12A$ ، $d=0.17m$

التطبيق:

$B=\frac{\mu I}{2\pi d}$

$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times12}{2\pi\times0.17}$

$=1.41\times10^{-5} Tesla$

النتيجة: شدة المجال المغناطيسي عند النقطة تساوي $1.41\times10^{-5} Tesla$.

مثال 17.1.96 السؤال

أ) احسب القوة المغناطيسية التي يؤثر بها مجال مغناطيسي شدته $9Tesla$ عامودي على سلك طوله $15cm$ ، ويمر به تيار شدته $3A$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=3A$ ، $L=0.15m$ ، $F=9A$

التطبيق:

$F=BILsin\theta$

$=9\times3\times0.15\times sin90$

$=4.05N$

النتيجة: مقدار القوة المغناطيسية تساوي $4.05N$.

ب) أعد حساب القوة المغناطيسية إذا كانت الزاوية بين السلك وخطوط المجال $35°$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=3A$ ، $L=0.15m$ ، $F=9A$ ، $\theta=35°$



التطبيق:

$F=BILsin\theta$

$=9\times3\times0.15\times sin35$

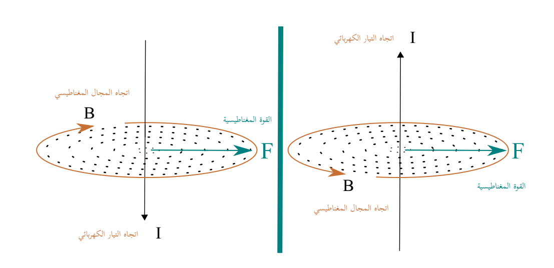
$=2.32N$

النتيجة: مقدار القوة المغناطيسية تساوي $2.32N$ ، لاحظ أن القوة المغناطيسية انخفضت عندما قلت الزاوية عن 90 درجة.

⋆ هدف وجداني

اتجاه المجال المغناطيسي يشبه الطواف، فاتجاه الطواف هو اتجاه المجال المغناطيسي، واتجاه السماء هو اتجاه التيار.

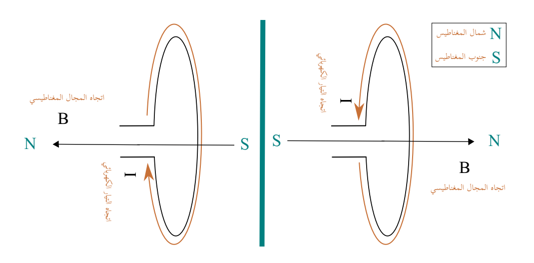
اتجاه المجال المغناطيسي في سلك لتعيين المجال المغناطيسي نستخدم قاعدة اليد اليمنى لأمبير، فنمسك السلك بقبضة اليد اليمنى بحيث يكون الإبهام بإتجاه مرور التيار، ورؤوس الأصابع المنحنية تمثل اتجاه المجال المغناطيسي.



شكل 17.6: اتجاه المجال المغناطيسي في سلك

اتجاه المجال المغناطيسي في ملف لتعيين المجال المغناطيسي نستخدم اليد اليمنى، فنضع قبضة اليد اليمنى بحيث يكون اتجاه الأصابع في نفس اتجاه التيار الكهربائي، عندها يمثل الإبهام اتجاه المجال المغناطيسي.

[2] تسلا فيزيائي امريكي اخترع مولد التيار المتردد والبث الراديوي توفي عام 1943م.



شكل 17.7: اتجاه المجال المغناطيسي في ملف

قاعدتي فلمنج لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي

الإصبع	اليد اليمنى	اليد اليسرى
	للمولدات الكهربائية	للمحركات الكهربائية
السبابة للأمام	المجال الكهربائي	المجال الكهربائي
الابهام للأعلى	الحركة	الحركة
الوسطى	التيار لليسار	التيار لليمين

جدول 17.1: قاعدة فلمنج لاتجاه المجال المغناطيسي

شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف هو قوة المجال المغناطيسي الموزع في كل نقطة في المكان في اتجاه معين منتظم.

$$B = \frac{\mu N I}{2r} \tag{17.3}$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية للهواء، I شدة التيار الكهربائي، N عدد لفات الملف، r نصف قطر الملف.

$$B = \frac{\mu N I}{L} \tag{17.4}$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية لمعدن الملف، I شدة التيار الكهربائي، N عدد لفات الملف، L طول الملف.

مثال 17.1.97 السؤال

احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف نصف قطره $10cm$ وعدد لفاته 50 لفه، ويمر به تيار مقداره $12A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times10^{-7}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=0.1m$ ، $I=12A$ ، $N=50$

التطبيق:

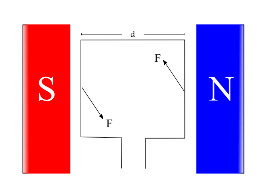
$B=\frac{\mu NI}{2r}$

$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times50\times12}{2\times0.1}$

$=3.76\times10^{-3}Tesla$

النتيجة: شدة المجال المغناطيسي عند النقطة تساوي $3.76\times10^{-3}Tesla$.

العزم المؤثر على الملف في المحركات الكهربائية يتم التأثير على الملف داخلها بقوة مغناطيسية تجعله يدور، عن طريق تمرير تيار كهربائي فيه، والعزم المؤثر على الملف هو عزم ازدواج، ولهذا نستخدم قانون العزم الذي سبق شرحه في الفصل الثاني من الكتاب.



$$\tau = F \times d \qquad (1)$$

حيث d في عزم الازدواج هو المسافة العمودية بين القوتين.
وعرفنا أن القوة المغناطيسية تساوي

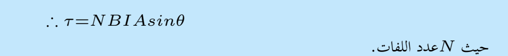
$$F = BLI sin\theta \qquad (2)$$

وبالتعويض من (2) في (1) نجد:

$$\tau = BLId sin\theta$$

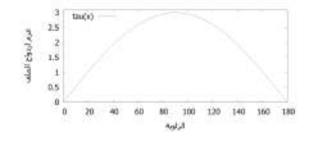
وحيث أن الملف مستطيل وطوله L وعرضه d:

$$A_{\text{المساحة}} = L \times d$$



$$\therefore \tau = NBIA sin\theta$$

حيث N عدد اللفات.



شكل 17.8: عزم ازدواج الملف

مثال 17.1.98 السؤال

احسب عزم الازدواج على ملف مساحته $50cm^2$ مكون من 30 لفه، ويمر به تيار $4A$، والزاوية بين المتجه العمودي على مستوى الملف وخطوط المجال المغناطيسي 40° ، وشدة المجال المغناطيسي $5Tesla$؟

الحل

تعيين المعطيات: $A = 50cm^2$ ، $I = 4A$ ، $\theta = 40^\circ$ ، $B = 5T$

التطبيق:

$$\tau = NBIA sin\theta$$

$$= 30 \times 5 \times 4 \times 50 \times 10^{-4} \times sin40$$

$$= 1.92 N.m$$

النتيجة: عزم الازدواج المؤثر على الملف 1.92 نيوتن.متر.

أجهزة قياس الكهرباء



شكل 17.9: الاميتر

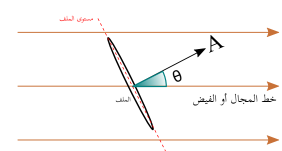
- الفولتميتر: جهاز لقياس فرق الجهد الكهربائي وهو جلفانوميتر مع مقاومة كبيرة جدا على التوالي معه.
- الأميتر: جهاز لقياس شدة التيار الكهربائي وهو جلفانوميتر مع مقاومة صغيرة جدا موصولة على التوازي معه.
- الجلفانوميتر: جهاز لقياس التيارات الضعيفة جدا.
- الاوميتر: جهاز يستخدم لقياس المقاومة الكهربائية.

17.2 الحث الكهرومغناطيسي

الحث الكهرومغناطيسي هو انتاج فرق جهد كهربائي في موصل ثابت تحت تأثير مجال مغناطيسي متغير، أو موصل متحرك داخل مجال مغناطيسي ثابت، نتيجة تغير في الفيض المغناطيسي.
وقد اكتشفت ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي على يد فاراداي[3]، حيث قام بتمرير مغناطيس داخل ملف موصول بجلفانوميتر (ليستفيد من قدرة الجلفانوميتر على قياس التيارات الضعيفة جدا)، ولاحظ تكون تيار كهربائي صغير عند ادخال المغناطيس في الملف أو اخراجه منه، واستنتج أن هذا التيار نتج عن تغير في الفيض المغناطيسي $\Delta\Phi \neq 0$ عند تقاطع خطوط المجال المغناطيسي مع الملف.

وكلما زادت شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض) الساقطة على الملف كلما زاد التيار الحثي المتولد، كما لاحظ أن زيادة مساحة سطح الملف تزيد من التيار المتولد، ثم وجد أن الزاوية بين خطوط المجال المغناطيسي والمتجه العمودي على مستوى الملف تؤثر على الفيض المغناطيسي.

[3] فيزيائي انجليزي توفي عام 1867م.



أي أن

$$\Phi = \Delta B.A.cos\theta$$

حيث Φ الفيض المغناطيسي، θ الزاوية بين خطوط المجال المغناطيسي (الفيض المغناطيسي) والمتجه العمودي على مستوى الملف، فإذا كانت خطوط المجال موازية للمتجه العمودي على مستوى الملف، فإن الزاوية بينهما 0°، وإذا كانت عمودية عليها تكون الزاوية بينهما 90°.

قانون فاراداي تتناسب القوة الدافعة الكهربائية طرديا مع الفيض المغناطيسي الساقط على الملف خلال والزمن.

$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \qquad (17.5)$$

حيث ε القوة المحركة الكهربائية الحثية، Φ التدفق المغناطيسي، N عدد لفات الملف، A مساحة الملف، $-$ الاشارة السالبة تشير إلى أن القوة الدافعة المستحثة والتيار المتولد، تعاكس اتجاه القوة المسببة لها.

مثال 17.2.99 السؤال

ملف كهربائي مساحته $120cm^2$ وعدد لفاته 100 لفه، يتعرض لمجال مغناطيسي تتغير شدته من $0-0.002Tesla$ خلال $0.3s$ ، احسب القوة المحركة الكهربائية الحثية؟

الحل

تعيين المعطيات: $A=120cm^2$، $N=100$، $B_1=0T$، $B_2=0.002T$، $t=0.3s$

التطبيق: حساب الفيض المغناطيسي

$$\Phi = \Delta B.A$$

$$=(0.002-0)\times 120\times 10^{-4}$$

$$=2.4\times 10^{-5} weber$$

حساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية

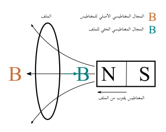
$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

$$=-100\times\frac{2.4\times 10^{-5}}{0.3}$$

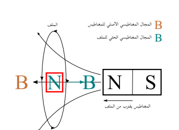
$$=0.008V$$

النتيجة: القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف تساوي 0.008 فولت.

قاعدة لينز يكون اتجاه التيار الحثي في ملف معاكس للتغير المسبب له.



وهذا يعني أن المجال المغناطيسي B المتولد من المغناطيس الذي تخترق خطوطه ملف معين تتسبب بتولد مجال مغناطيسي حثي $B_{induction}$ يعمل على المحافظة على مستوى المجال المغناطيسي، فإذا زاد الفيض المغناطيسي نتيجة اقتراب المغناطيس، فإنه ينتج مجال مغناطيسي حثي معاكس له لكي ينقصه، وإذا نقص الفيض المغناطيسي نتيجة ابتعاد المغناطيس، فإنه ينتج مجال مغناطيسي حثي في نفس اتجاهه لكي يزيده.



إن خطوط المجال تكون دائما خارجه من القطب الشمالي، لذا يكون قطب الملف الذي نتج منه المجال المغناطيسي الحثي B_{ind} هو الشمال، والقطب المعاكس له هو الجنوب، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الملف بحيث يكون الابهام باتجاه الشمال، نجد أن التيار يسير في الملف عكس عقارب الساعة. ويجب ملاحظة أن قطب المغناطيس وقطب الملف المواجه له كلاهما N، لذا يجب بذل شغل يقاوم تنافرهما أثناء اقتراب المغناطيس، وهذا الشغل هو الذي يتحول إلى طاقة حركية للالكترونات منتجا التيار.

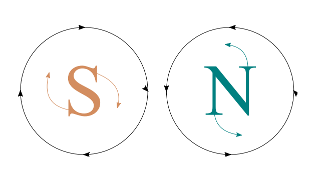
★ ومضة

اتجاه B هو دائما اتجاه القطب الشمالي لنفس الجسم .

أما إذا كان المغناطيس يبتعد فإن الفيض المغناطيسي ينقص، فينتج مجال مغناطيسي حثي B_{ind} في نفس اتجاه المجال المغناطيسي الأصلي B لكي يزيده، أي إلى داخل

الملف، وبهذا يكون القطب الشمالي للملف إلى الداخل، والقطب المواجه للمغناطيس هو الجنوبي، وإذا طبقنا قاعدة اليد اليمنى على الملف بحيث يكون الابهام باتجاه الشمال (إلى الداخل)، نجد أن التيار في الملف يتحرك في اتجاه عقارب الساعة. ونلاحظ أن قطب المغناطيس N وقطب الملف المواجه له S، لذا يجب بذل شغل يقاوم تجاذبهما أثناء ابتعاد المغناطيس، وهذا الشغل هو الذي يتحول إلى طاقة حركية للالكترونات منتجا التيار.

كما يمكن الاستدلال على اتجاه التيار في الملف بعد تعيين القطب المواجه للمغناطيس، سواء كان شمالي أم جنوبي، وذلك بدلالة أطراف الحرفين N و S في الملف المحثوث، كما هو موضح في الرسم في الهامش.



شكل 17.10: إتجاه I في نفس اتجاه أطراف الحرفين.

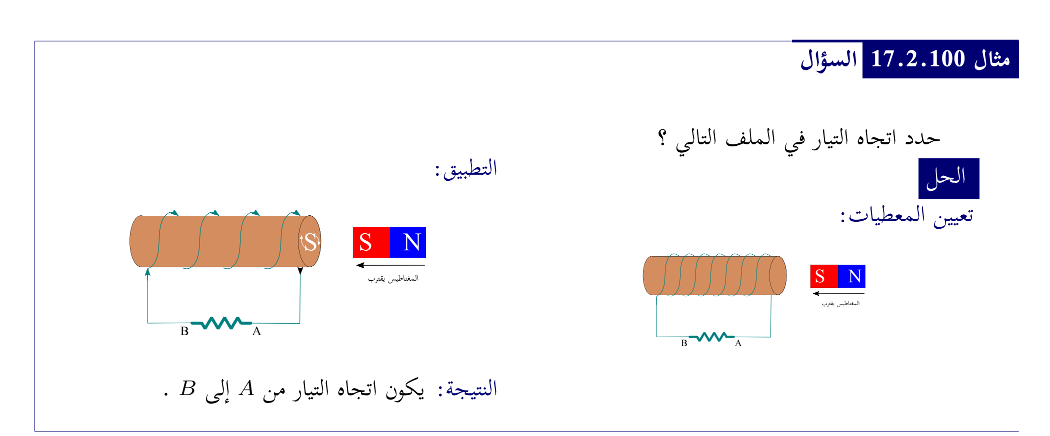
مثال 17.2.100 السؤال

حدد اتجاه التيار في الملف التالي ؟

الحل

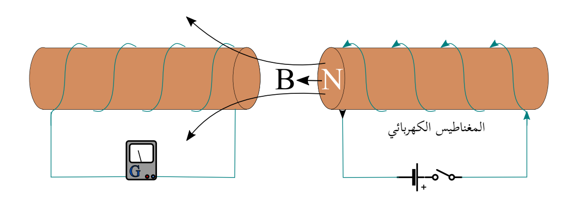
تعيين المعطيات:

التطبيق:



النتيجة: يكون اتجاه التيار من A إلى B .

الحث المتبادل بين ملفين إن المغناطيس الذاتي له سلبيه، وهي أن شدة مجاله ثابتة، ولا نستطيع زيادتها أو إنقاصها، لذا يستخدم المغناطيس الكهربائي في كثير من الاحيان، حيث يتكون فيه مجال مغناطيسي عند إغلاق دائرته الكهربائية، ويختفي المجال إذا فُتحت. وتزداد شدة المجال المغناطيسي الخارجة منه بزيادة شدة التيار، وتقل بإنقاصها.



شكل 17.11: الحث المتبادل بين ملفين

ويجب ملاحظة أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية والتيار الحثي ستصبح صفر عندما:

- يكون المغناطيس الكهربائي مطفأ (دائرته مفتوحة).
- يكون الفيض المغناطيسي ثابت (ثبات عدد خطوط المجال التي تسقط على وحدة المساحات من الملف)، بسبب ثبات شدة تيار المغناطيس الكهربائي ΔI=0، أو ثبات المغناطيس الكهربائي والملف الحثي في مكانهما.

يتم حساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية في ملف الحث المتبادل باستخدام القانون :

$$\varepsilon = -M\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad (17.6)$$

$$M=\frac{k\mu N^2 A}{L}$$

حيث M معامل الحث المتبادل بين ملفين (أو معامل الحث الذاتي)، I التيار المار في المغناطيس الكهربائي، t الزمن، k النفاذية النسبية للمعدن، N عدد اللفات، A مساحة الملف، ε القوة الدافعة الكهربائية.

⋆ ومضة

الهنري هو معامل الحث الذاتي لملف القوة الدافعة الحثية له $1V$ ويمر به تيار $1A$ في الثانية.

مثال 17.2.101 السؤال

ملف كهربائي يتغير التيار المار به بمعدل $20A$ في الثانية الواحدة، فإذا علمت أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية $5V$، احسب معامل الحث الذاتي له؟

الحل

تعيين المعطيات: $\varepsilon=5V$ ، $\frac{\Delta I}{\Delta t}=20$

التطبيق:

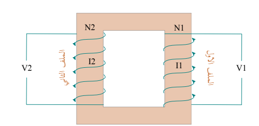
$$\varepsilon=-M\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$5=-M\times 20$$

$$M=-\frac{5}{20}=-0.25H$$

النتيجة: معامل الحث الذاتي للملف يساوي 0.25 هنري، والاشارة السالبة تدل على أنها تعاكس اتجاه القوة المسببة لها.

ومن استخدامات الحث المتبادل، محولات الكهرباء الحثية، وهي ملفات حث ذاتي، سواء الرافعة للجهد والتي توضع عادة في بداية خطوط نقل الكهرباء ذي الضغط العالي والقادم من محطات توليد الكهرباء، أو محولات خفض الجهد التي توضع في نهاية خطوط الضغط العالي، لتجعل الجهد قابل للاستخدام في المنازل، فينخفض من آلاف الفولتات إلى $110V$ أو $220V$، ويلاحظ أن القلب المعدني مكون من رقائق معدنية ملتصقة ببعضها، وليس كتلة واحدة من المعدن ؟! وذلك لمنع تكون التيارات الدوامية التي تسبب تسخين القلب المعدني، ويمكن التخلص من التيارات الدوامية بطريقة أخرى وهي صنع القلب المعدني من برادة أو مسحوق الحديد الذي يلصق بالشكل المطلوب.[2]



شكل 17.12: المحول الكهربائي

ويتم تعيين تيار الخرج وجهده باستخدام القانون

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{V_1}{V_2}=\frac{I_2}{I_1} \qquad (17.7)$$

حيث I شدة التيار، V فرق الجهد الكهربائي، N عدد لفات الملف.

أي أن فرق الجهد وعدد اللفات تتناسب عكسيا مع شدة التيار الكهربائي، فزيادة عدد اللفات في الملف الأول أو زيادة فرق الجهد فيه ستؤدي إلى نقصان شدة التيار الخارجة منه، وهذه ميزة تستخدم في خطوط الضغط العالي، حيث يرفع الجهد إلى عشرات الآلاف من الفولتات، وهذا يجعل شدة التيار المارة في الاسلاك منخفضة، فيقل الفقد الناتج عن مقاومة الأسلاك.

وتحسب كفاءة المحول بالقانون

$$\mu=\frac{V_2 I_2}{V_1 I_1}\times 100 \qquad (17.8)$$

مثال 17.2.102 السؤال

في محول كهربائي، كم عدد اللفات اللازمة لتحويل التيار الكهربائي من $110V$ إلى $220V$ حيث عدد لفات الملف الأول 1000 لفة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=110V$، $V_2=220V$، $N_1=1000$

التطبيق:

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{1000}{N_2}=\frac{110}{220}$$

$$N_2=\frac{1000\times 220}{110}=2000$$

النتيجة: عدد اللفات في الملف الثاني 2000 لفة.

17.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- خطوط المجال المغناطيسي حول سلك كهربائي تكون على شكل ؟

ا) دوائر ✓   ج) مربعات

ب) مثلثات   د) خطوط مستقيمة

2- إذا مر تيار كهربائي في سلك بجوار بوصلة فإن مؤشر البوصلة سيتحرك ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

3- في قاعدة فلمنج لليد اليسرى (المحركات) ، يمثل الابهام ؟

ا) المجال المغناطيسي   ج) التيار

ب) الحركة ✓   د) خطوط المجال

4- التسلا هي وحدة ؟

ا) طول السلك   ج) القوة

ب) التيار   د) شدة المجال ✓

5- الإلكترونات التي يسبب عزم دورانها ظاهرة المغناطيسية، موجودة في المدار الفرعي ؟

ا) $3d$ ✓   ج) $3s$

ب) $3f$ د) $3p$

6- احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $20cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $4A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times10^{-7}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $d=0.2m$ ، $I=4A$

التطبيق:

$$B=\frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times4}{2\pi\times0.2}$$

$$=4\times10^{-6}Tesla$$

7- احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف طوله $24cm$ وعدد لفاته 34 لفه، ويمر به تيار مقداره $0.5A$ ، حيث يحتوي قلب حديدي نفاذيته $1.63\times10^{-2}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=0.1m$ ، $I=12A$ ، $N=50$

التطبيق:

$$B=\frac{\mu NI}{L}$$

$$=\frac{1.63\times10^{-2}\times34\times0.5}{0.24}$$

$$=1.15Tesla$$

8- يتولد مجال مغناطيسي حول السلك الذي يمر به تيار كهربائي ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

9- تقل شدة المجال المغناطيسي بزيادة شدة التيار الكهربائي ؟

ا) صح   ب) خطأ ✓

10- قاعدة اليد اليمنى لفلمنج تستخدم في المحركات الكهربائية ؟

ا) صح   ب) خطأ ✓

11- جهاز يستخدم لقياس المقاومة الكهربائية ؟

ا) الأميتر   ج) الفولتميتر

ب) الاوميتر ✓   د) الجلفانوميتر

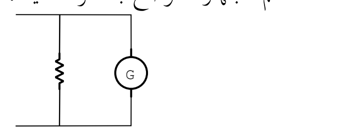
12- ما اسم الجهاز الموضح بالدائرة التالية ؟



ا) الأميتر   ج) الفولتميتر ✓

ب) الاوميتر   د) الجلفانوميتر

13- ما اسم الجهاز الموضح بالدائرة التالية ؟



ا) الأميتر ✓   ج) الفولتميتر

ب) الاوميتر   د) الجلفانوميتر

14- إذا كان التيار $I_1=4A$ في محول خافض للجهد فإن نتيجة I_2 الأقرب للصحة ؟

ا) $5A$ ✓   ج) $3A$

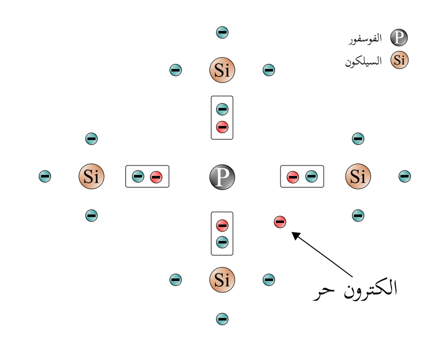
ب) $4A$ د) $2A$

15- القلب المعدني في المحولات والمولدات مكون من شرائح متلاصقة وليس ككتلة واحدة، لمنع التيارات الدوامية ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

18

الالكترونيات الحديثة



- أشباه الموصلات
- الترانزستور
- البوابات المنطقية

مقدمة

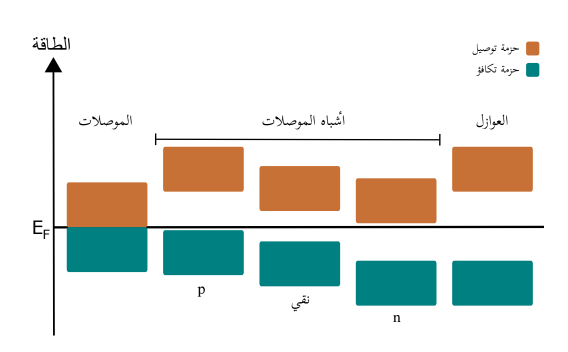
إن المواد الجامدة تتكون من ذرات، إما مرتبة في شكل هندسي منتظم وفي هذه الحالة نسميها بلورات، أو يكون ترتيبها عشوائيا. إن لكل ذرة من هذه الذرات مستويات طاقة قريبة من النواة لا تنتقل الالكترونات الموجودة فيها بسهولة وتسمى حزمة التكافؤ، وهناك الكترونات أخرى موجودة في مستويات عليا بعيدة عن النواة والكتروناتها حرة وتسمى حزمة التوصيل، وبهذا يكون لدينا في كل ذرة حزمة تكافؤ وحزمة توصيل، أي يكون لدينا عدد من مجموعات الحزم مساوي لعدد الذرات في المادة. لكن وجد من تجربة فوغ باستخدام الأشعة السينية لحساب ثابت الشبكة البلوري، أن ذرات المادة الجامدة حين تقترب من بعضها مسافة تساوي ثابت الشبكة البلورية أو أقل فإن جميع حزمها تتحد في حزمتين، حزمة تكافؤ وحزمة توصيل[1] وبينهما الفجوة العازلة أو القاحلة، ويختلف ثابت الشبكة البلوري من مادة إلى أخرى، فمثلا النحاس ثابته 3.597 انجستروم، والسيلكون 5.431 أنجستروم.

وينتج لدينا ثلاث أنواع من المواد الجامدة:

1) عندما تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل فلا توجد منطقة عازلة بينهما، في هذه الحالة تكون المادة الجامدة موصلة، أي يوجد عدد كبير من الالكترونات في منطقة التوصيل.

2) عندما تكون المسافة بين الحزمتين صغيرة ويمكن أن تنقص بزيادة درجة الحرارة، بحيث تسمح للالكترونات بالانتقال من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل، في هذه الحالة تكون المادة شبه موصلة، ويجب أن نتنبه إلى أن حزمة التوصيل في شبه الموصل تكون خالية من الالكترونات عند الصفر المطلق فقط، لكنها تزداد بزيادة درجة الحرارة، ومع هذا لا تصل إلى نفس عدد الالكترونات في حزمة توصيل الموصل.

3) عندما تكون المسافة كبيرة إلى درجة لا تسمح بانتقال الالكترونات حتى مع تغير درجة الحرارة، في هذه الحالة تكون المادة عازلة، لكن هذا لا يعني أن حزمة التوصيل في المادة العازلة خالية تماما من الالكترونات، وإنما عدد الالكترونات بها قليل جدا، ويمكن زيادته لكن عند درجات حرارة عالية تجعل العملية مكلفة وغير مجدية.



شكل 18.1: التوصيلية ومستوى طاقة فيرمي

ويمكن حساب مستوى طاقة فيرمي لمادة معينة بالقانون:

$$E_F = \frac{(hc)^2}{8mc^2}(\frac{3}{\pi})^{2/3}.n^{2/3} \quad (18.1)$$

$$E_F=5.848\times10^{-38}\times n^{2/3}$$

حيث E_F مستوى طاقة فيرمي للمادة، h ثابت بلانك، $n=\frac{N}{V}$ عدد الالكترونات في وحدة الحجوم، m كتلة الالكترون، c سرعة الضوء.

مثال 18.0.103 السؤال

احسب طاقة مستوى فيرمي للنحاس؟

الحل

تعيين المعطيات: $n=\frac{N}{V}=8.5\times10^{28}e/m^3$

التطبيق:

$$E_F=5.848\times10^{-38}\times n^{2/3}$$

$$E_F=5.848\times10^{-38}\times(8.5\times10^{28})^{2/3}$$

$$E_F=\frac{1.13\times10^{-18}J}{1.6\times10^{-19}}=7.06eV$$

النتيجة: مستوى طاقة فيرمي للنحاس يساوي 7.06 الكترون فولت.

[1]تترجم أيضا نطاق تكافؤ ونطاق توصيل، لأنها ترجمة كلمة band .

18.1 أشباه الموصلات

تنقسم المواد حسب توصيليتها إلى:

موصلة هي المواد التي توصل التيار الكهربائية مثل النحاس والحديد.

عازلة هي المواد التي لا توصل التيار الكهربائي مثل الخشب والبلاستيك.

شبه موصلة هي المواد التي تتغير قدرتها على توصيل الكهرباء بالشوائب المضافة، والتغير في درجة حرارتها، مثل السيليكون والجرمانيوم.
وتزداد ناقلية أشباه الموصلات بارتفاع درجة الحرارة، ويمكن زيادة عدد الشحنات (الكترونات سالبة، فجوات موجبة) بإضافة كمية قليلة من مواد أخرى مانحة *Donor* تعطي الكترونات حرة، أو متقبلة *Acceptor* تعطي فجوات، وتتميز الادوات الكهربائية المصنوعة من أشباه الموصلات بقلة استهلاكها للكهرباء، وانخفاض الحرارة الناتجة عنها (الطاقة المفقودة)، كما أن عمرها الافتراضي كبير، وأهم مادتين من أشباه الموصلات هي السيليكون والجرمانيوم، لكن يفضل السيليكون على الجرمانيوم لسببين، الأول أنه أكثر وفرة وبالتالي أقل ثمن، والثاني أن التغير في توصيلية الجرمانيوم حساس للحرارة، فكل تغير في درجة الحرارة يسبب تغير كبير في التوصيلية، فتصعب عملية التحكم في الخرج الكهربائي.

الالكترون الحر هو الكترون سالب في شبه الموصل، ولا يرتبط بروابط تساهمية، وله قدرة على الانتقال من ذرة إلى أخرى.

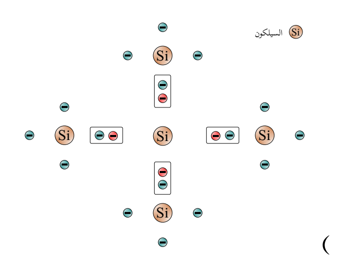
الفجوة هي حيز فارغ حول ذراة شبه الموصل، وتحمل شحنة موجبة، ولديها القدرة على الانتقال من ذرة إلى أخرى.

18.1.1 السيليكون

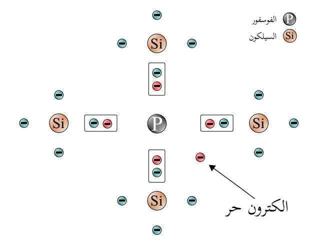


شكل 18.2: مكونات تحتوي السيليكون[11]

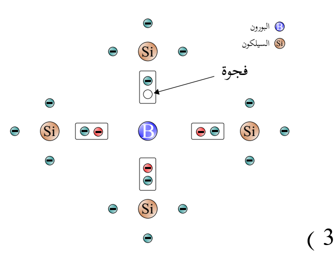
السيليكون Si_{14}^{28} هو عنصر شبه فلزي من المجموعة الرابعة في الجدول الدوري وثابت الشبكة البلوري له 5.431 انجستروم وطاقة الفجوة العازلة له $1.1eV$، ويحتوي على 4 إلكترونات في مداره الأخير، فيكون تكافؤه Si^4 ، ولهذا تميل ذرته لتكوين 4 روابط تساهمية مع 4 ذرات لكي تصل للاستقرار[2]، ويوجد ثلاثة أنواع من الروابط التساهمية التي تصنعها ذرة السيليكون مع الذرات الأخرى:



1) روابط تساهمية مع ذرات سيليكون أخرى، وفي هذه الحالة لا توجد الكترونات حرة أو فجوات (عند الصفر المطلق)، وبالتالي يصبح السيليكون عازل للكهرباء، لكن عند تسخينه إلى درجة حرارة معينة، تبدأ روابط الالكترونات بالتكسر، وتنطلق داخل العينة على شكل الكترونات حرة، فتكتسب العينة صفة التوصيلية الكهربائية، ما دامت ساخنة. حيث $n{=}p$



2) روابط تساهمية مع ذرات عناصر المجموعة الخامسة، والتي عدد الكترونات مستواها الأخير أكثر من 4 ، وفي هذه الحالة يتشارك العنصر بأربعة منها مع ذرات السيليكون، والالكترون المتبقي يصبح الكترون حر داخل العينة، ويسمى السيليكون في هذه الحالة شبه موصل من النوع السالب n إختصار *negative*. حيث $n{=}p{+}N_D^+$

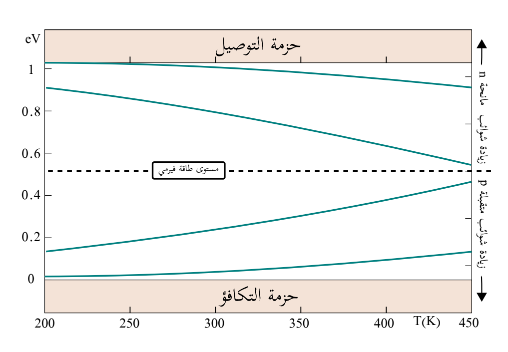


3) روابط تساهمية مع ذرات عناصر المجموعة الثالثة، والتي عدد إلكترونات مستواها الأخير أقل من 4 ، وفي هذه الحالة يتشارك بها العنصر مع ذرات السيليكون، ولأن عددها 3 فإن أحد ذرات السيلكون لن يحصل على إلكترون تساهمي، وسيبقى هناك مكان فارغ له، هذا المكان الفارغ يسمى فجوة *hole*، ويسمى السيليكون في هذه الحالة شبه موصل من النوع الموجب P إختصار *positive*. حيث $p{=}n{+}N_A^-$

حيث n مجموع الالكترونات الحرة في السيليكون والشوائب، p مجموع الفجوات في السيليكون والشوائب، N_D^+ عدد أيونات الشوائب الموجبة، N_A^- عدد أيونات الشوائب السالبة.

[2] تصل الذرة لمرحلة الاستقرار إذا كان في مدارها الأخير 8 إلكترونات.

ويجب ملاحظة نقطتين وهي أن الفجوات والالكترونات الحرة داخل العينة تتحرك بشكل عشوائي، وأن عدد الالكترونات الحرة وعدد الفجوات متساوي وذلك عند الاتزان الحراري لعينة السيليكون النقي، ويتغير موضع مستوى طاقة فيرمي بالنسبة للسيليكون بتغير كمية الشوائب ونوعها كما في الرسم البياني التالي لأربع عينات:



شكل 18.3: تأثير زيادة الشوائب على السيليكون

إن كل خط أخضر على الرسم يمثل تغير موضع الحزمة لكمية شوائب معينة، أي يمثل الرسم عينتين n وعينتين p ، ونلاحظ أن زيادة الشوائب المانحة n تؤدي إلى ابتعاد حزمة التوصيل عن مستوى طاقة فيرمي، بينما تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى اقترابها منه. كذلك زيادة الشوائب المتقبلة p تؤدي إلى ابتعاد حزمة التكافؤ عن مستوى طاقة فيرمي، بينما تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى اقترابها منها.

التشويب أو التطعيم

هو عملية إضافة عنصر لشبه الموصل النقي، ويكون عادة عنصر من المجموعة الخامسة في الجدول الدوري إذا اردنا الحصول على شبه موصل من النوع n ، أو عنصر من المجموعة الثالثة إذا اردنا الحصول على شبه موصل من النوع p .

قانون فعل الكتلة ويستخدم لحساب الفجوات أو الالكترونات الحرة في شبه موصل مضاف له شوائب.

$$n_i^2 = np \qquad (18.2)$$

حيث n_i تركيز الفجوات أو الالكترونات الحرة في السيليكون النقي، n تركيز الالكترونات الحرة، p تركيز الفجوات.

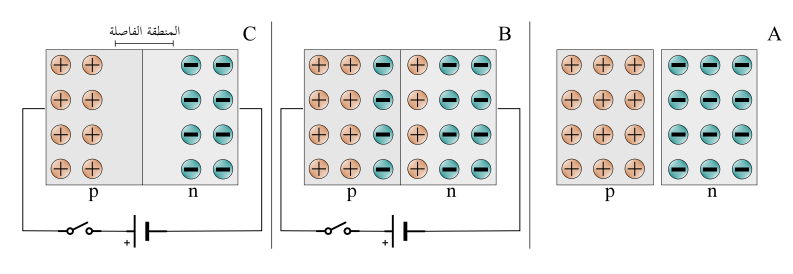
وفي حالة التطعيم من النوع n نعوض عن n بتركيز الشوائب الموجبة N_D^+ حيث D اختصار معطي $Donor$، وفي حالة التطعيم من النوع p نعوض عن p بتركيز الشوائب السالبة N_A^- حيث A اختصار مستقبل $Acceptor$.[3]

18.1.2 المكونات والنبائط الالكترونية

النبائط الالكترونية هي المكونات التي نضعها في الدائرة الكهربائية، مثل المقاومة والمكثف والترانزستور والملف والدايود وغيرها.

18.1.2.1 الوصلة الثنائية

الوصلة الثنائية هي قطعة الكترونية مكونة من شبه موصل من النوع n موصول به آخر من النوع p .

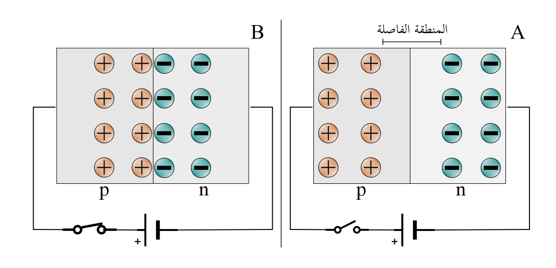


شكل 18.4: الوصلة الثنائية

[3] التركيز هو عدد الفجوات أو الالكترونات في وحدة الحجوم.

قبل وصل شبه الموصل n وشبه الموصل p ، تكون الالكترونات الحرة موزعة على n والفجوات موزعة على p عشوائيا كما في الرسم A ، وبمجرد وصلهما في المصنع، تبدأ الإلكترونات الحرة بالانتقال لملء الفجوات في p كما في الرسم B ، فيصبح لدينا منطقة فرق جهدها يساوي $0.7V$ بالنسبة للسيلكون، وتسمى المنطقة الفاصلة أو القاحلة لعدم احتوائها على إلكرتونات حرة أو فجوات. وتوجد طريقتين لوصل الوصلة الثنائية بالبطارية:

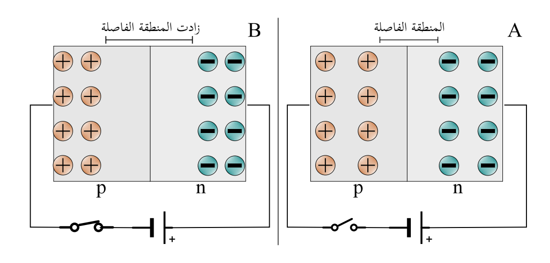
طريقة الانحياز الامامي وتكون بإيصال الأقطاب المتشابهة ببعضها، أي إيصال القطب السالب للبطارية بالجزء السالب n في الوصلة الثنائية، ووصل القطب الموجب في البطارية بالجزء الموجب p في الوصلة الثنائية.



شكل 18.5: الاتجاه الامامي

عندما نقوم بإغلاق الدائرة الكهربائية فإن الإلكترونات الحرة في n تتنافر مع إلكترونات التيار السالب القادم من البطارية، وهذا يجعلها تقترب من p بشدة وهذا يقلل من عرض المنطقة الفاصلة، ويحدث نفس الشيء عند القطب الموجب، حيث تتنافر الفجوات الموجبة في p ، مع القطب الموجب القادم من البطارية، وهذا يجعلها أيضا تقترب من n بشدة، فيقل عرض المنطقة الفاصلة أكثر وأكثر، وبالتالي يقل فرق الجهد بينهما ويستطيع التيار الكهربائي المرور، وتعمل الدائرة الكهربائية.

طريقة الانحياز العكسي وتكون بإيصال الأقطاب المختلفة ببعضها، أي إيصال القطب السالب للبطارية بالجزء الموجب p في الوصلة الثنائية، ووصل القطب الموجب في البطارية بالجزء السالب n في الوصلة الثنائية.

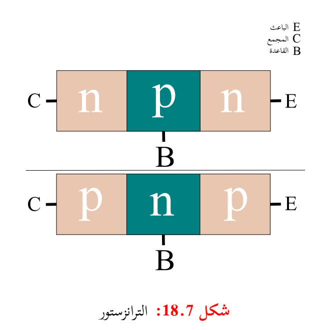


شكل 18.6: الاتجاه العكسي

عندما نقوم بإغلاق الدائرة الكهربائية (بطريقة الاقطاب المختلفة) فإن الإلكترونات الحرة في n تنجذب للقطب الموجب القادم من البطارية، وهذا يجعلها تبتعد عن p بشدة، وهذا يزيد من عرض المنطقة الفاصلة، ويحدث نفس الشيء في الجهة الأخرى، حيث تنجذب الفجوات الموجبة في p ، إلى القطب السالب القادم من البطارية، وهذا يجعلها أيضا تبتعد عن n بشدة، فيزيد عرض المنطقة الفاصلة أكثر وأكثر، وبالتالي يزيد فرق الجهد بينهما ولا يستطيع التيار الكهربائي المرور، ولا تعمل الدائرة الكهربائية.

18.1.3 الترانزستور

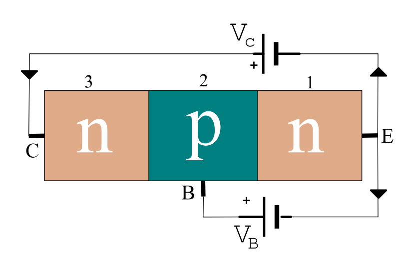
الترانزستور هو مكون الكتروني يتركيب من 3 قطع شبه موصلة، الاطراف متشابهه والوسط مختلف. ويوجد نوعين منها npn وهو الاكثر استخداما و pnp ، وهو صغير جدا حيث تكون مساحته عادة $210\mu m^2$ لكنه يغلف بغلاف أكبر منه بكثير.



شكل 18.7: الترانزستور

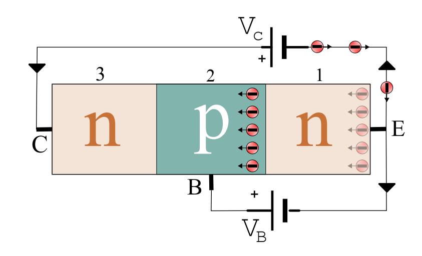
مكونات الترانزستور الباعث E - المجمّع C - القاعدة B

آلية عمل الترانزستور



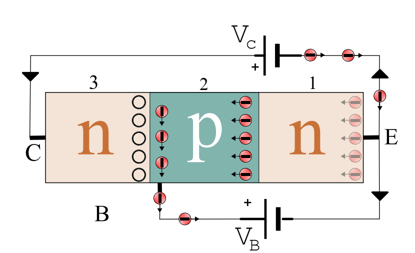
شكل 18.8: آلية الترانزستور

يقوم الباعث E ببعث الشحنات الكهربائية للمجمّع C، بينما تقوم القاعدة B بالتحكم بمقدار الشحنة الواصلة للمجمع ولهذا يتم إضافة كمية قليلة من الشوائب للقاعدة لجعل موصليتها منخفضة وبالتالي كمية التيار المار فيها منخفض. فإذا زاد التيار نسمي الترانزستور «مكبر»، وإذا منع الشحنات نسميه «مفتاح».



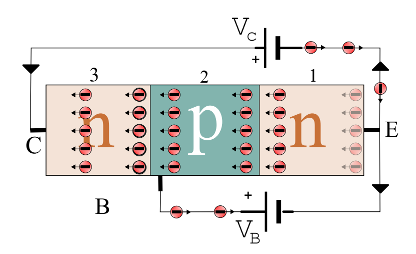
شكل 18.9: الانحياز الأمامي في الترانزستور

وعند إغلاق الدائرة الكهربائية، تبدا الالكترونات بالانتقال من القطب السالب للبطارية V_c المغذية للمجمع، وبعد انتقالها من الباعث E إلى شبه الموصل (1) من النوع n يحصل لها انحياز أمامي وتنتقل الالكترونات إلى شبه الموصل (2) من النوع p .



شكل 18.10: الانحياز العكسي في الترانزستور

بعد وصول الالكترونات لشبه الموصل (2) ، تحاول العبور إلى شبه الموصل (3)، لكن بما أن (2) من النوع p لذا سيكون نوع الانحياز عكسي ولن تستطيع الالكترونات العبور إلى المجمّع C ، عندها تقوم دائرة القاعدة بعمل قطب موجب أسفل شبه الموصل p ، وهذا سيجعل الاكترونات المسببة للانحياز العكسي تنجذب له وتخرج إلى البطارية V_B.



شكل 18.11: مرور التيار في الترانزستور

بعد زوال فرق الجهد المسبب للانحياز العكسي، تتحرك الالكترونات بسهوله إلى المجمع، ويصبح الترانزستور كانه مفتاح كهربائي في وضعيت on .

قانون حساب نسبة تكبير التيار في الترانزستور

$$\beta_e = \frac{I_c}{I_B} \tag{18.3}$$

حيث I_c تيار الجامع، I_B تيار القاعدة.

الرقمي والتناظري

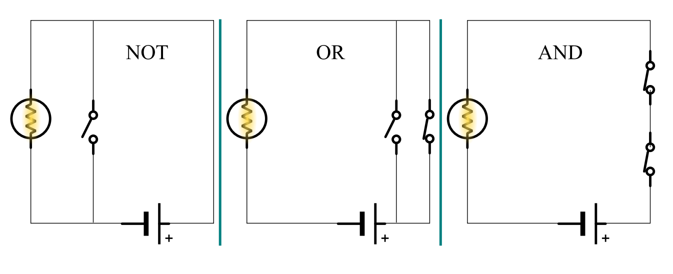
بعد انتشار القنوات الفضائية سمعنا بالقنوات الرقمية *Digital* فما هي قصتها ؟ !، ثم انتشرت إلى أن أصبحت هي الأساس في البث التلفزيوني.

في السابق كان يتم البث التلفزيوني بطريقة البث التناظري، ويعني أن الصورة والصوت تبث على شكل موجات كهرومغناطيسية عادية، يستقبلها التلفزيون ويظهرها على الشاشة كما هي، ورغم سهولة العملية نسبيا، إلا أن المشاهد كان أحيانا يواجه مشكلة في الصوت والصورة على شكل خطوط أو اختفاء لبعض الصور نتيجة تداخل الموجة مع مصادر التشويش المحيطة، فتم اختراع البث الرقمي، ويعني تحويل البيانات قبل ارسالها إلى شفرات مبنية من عدد لا متناهي من 0 و 1 ، ويسميان *bit* وهي اختصار كلمتي رقم ثنائي *binary digit* وهي نفس الآلية التي يستخدمها الحاسب الآلي في التعامل مع البيانات، وبعد وصول البث الرقمي للتلفزيون تقوم شريحة مدمجة فيه بفك شيفرة البيانات الرقمية واعادة عرضها على الشاشة، ومن مميزات البث الرقمي القدرة على ارسال النصوص الى التلفزيونات، وامكانية ارسال الصوت على عدة مسارات tracks مع الصورة.

البوبات المنطقية

هي عناصر منطقية تتحكم في عملية مرور التيار 1 أو عدم مرور التيار 0 ولكن بطرق مختلفة.

أشهر البوبات المنطقية



شكل 18.12: البوبات المنطقية

بوابة اللاسماح *NOT* وهي بوابة بسيطة تعكس القيمة المعطاة، فإذا كان الدخل 1 تعطي 0 ، والعكس صحيح.

بوابة الاختيار *OR* وهي بوابة لوصل عدة خطوط دخل بالبوابة، وتعطي خرج 1 إذا كان دخل واحد منها أو أكثر يساوي 1 .

بوابة التوافق *AND* وهي تعني أننا اذا وصلنا عدة خطوط دخل بالبوابة فإنها لن تعطي خرج 1 إلا اذا كان دخل جميع الخطوط 1 .

18.2 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- السلكون من المواد ؟

ا) شبة الموصلة ✓ ج) العازلة

ب) الموصلة د) السائلة

2- أشباه الموصلات النقية لا توصل التيار الكهربائي إلا إذا أضيف لها شوائب أو حدث تغير في .... ؟

ا) الطول ج) الكتلة

ب) درجة الحارة ✓ د) اللون

3- أشباه الموصلات نوع n يضاف لها شوائب تملك في مدارها الأخير ؟

ا) 3 الكترونات ج) 5 الكترونات ✓

ب) 4 الكترونات د) 6 الكترونات

4- أشباه الموصلات نوع p يضاف لها شوائب تملك في مدارها الأخير ؟

ا) 3 الكترونات ✓ ج) 5 الكترونات

ب) 4 الكترونات د) 6 الكترونات

5- تكافؤ السيليكون ؟

ا) 2 ج) 4 ✓

ب) 9 د) 6

6- إذا اردنا صنع شبه موصل من النوع n فإننا نضيف له عنصر من المجموعة ...... في الجدول الدوري؟

ا) الثالثة ج) الخامسة ✓

ب) الرابعة د) الثامنة

7- إذا اردنا صنع شبه موصل من النوع p فإننا نضيف له عنصر من المجموعة ...... في الجدول الدوري؟

ا) الثالثة ✓ ج) الخامسة

ب) الرابعة د) الثامنة

8- أحد الاشياء التالية ليس من النبائط الالكترونية ؟

ا) الاميتر ✓ ج) الوصلة الثنائية

ب) المقاومة د) المكثف

9- في الوصلة الثنائية، إذا أوصلنا قطب البطارية الموجب بـ n والقطب السالب بـ p فإن التيار سيمر في الدائرة الكهربائية ؟

ا) صح ب) خطأ ✓

10- احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $20cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $4A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times10^{-7}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=4A$ ، $d=0.2m$

التطبيق:

$$B=\frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times4}{2\pi\times0.2}$$

$$=4\times10^{-6}Tesla$$

11- احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف طوله $24cm$ وعدد لفاته 34 لفه، ويمر به تيار مقداره $0.5A$ ، حيث يحتوي قلب حديدي نفاذيته $1.63\times10^{-2}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N=50$ ، $I=12A$ ، $r=0.1m$

التطبيق:

$$B=\frac{\mu NI}{L}$$

$$=\frac{1.63\times10^{-2}\times34\times0.5}{0.24}$$

$$=1.15Tesla$$

12- يتولد مجال مغناطيسي حول السلك الذي يمر به تيار كهربائي ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

13- احسب طاقة مستوى فيرمي للفضة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $n=\frac{N}{V}=5.86\times10^{28}e/m^3$

التطبيق:

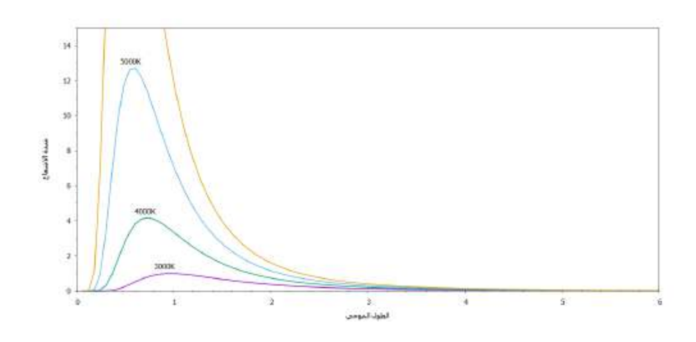
$$E_F=5.848\times10^{-38}\times n^{2/3}$$

$$E_F=5.848\times10^{-38}\times(5.86\times10^{28})^{2/3}$$

$$E_F=\frac{8.822\times10^{-19}J}{1.6\times10^{-19}}=5.51eV$$

19

ازدواجية الموجة والجسيم

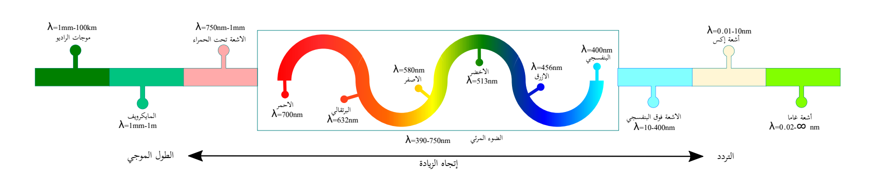


- الجسم الأسود
- التأثير الكهروضوئي
- المجهر الالكتروني

مقدمة

شكل 19.1: شعلة الصوديوم[11]

الضوء هو موجات كهرومغناطيسية في نطاق محدد من الأطوال الموجية، ويخرج من مصادر متنوعة منها الذاتي الاضاءة مثل الشمس ومنها العاكس مثل القمر، وقد لاحظ العلماء عند دراستهم للضوء الصادر من الأجسام الساخنة، مثل النجوم أو الاجسام المحترقة أنها تصدر أطياف متعددة من الضوء، ولكل لون شدة إضاءة قصوى تختلف باختلاف درجة الحرارة، فحاولوا تفسير هذه الظاهرة، إلا أنهم فشلوا، حتى جاء بلانك وحلها بناء على فرضية الجسم الأسود لكيرشوف.



شكل 19.2: الموجات الكهرومغناطيسية

19.1 الجسم الأسود

الجسم الاسود

هو جسم مادي مثالي، عند الإتزان الحراري (عند درجة حرارة ثابتة) يمتص كل الموجات الكهرومغناطيسية الساقطة عليه، بغض النظر عن ترددها أو زاوية سقوطها، ويعيد بثها على شكل طيف من الأشعة يتناسب مع درجة حرارته، بنفس كثافة الإشعاع في كل الاتجاهات.[1]

يتميز الجسم الأسود بأنه عند ثبوت درجة الحرارة:

1) مشع مثالي: لكل تردد، يبث مقدار أو أكثر من الطاقة الاشعاعية.

2) مشع انتشاري: يشع الموجات بنفس الكثافة في كل الاتجاهات (توزيع أيزوتروبيكالي للطاقة).

تم تصمم الجسم الأسود المثالي على شكل صندوق من البلاتين[2]، مطلي داخله بخليط من أكسيد الحديد والكروم والنيكل واكسيد الكوبلت، وبه ثقب صغير لدخول الموجات، ولازال يستخدم، لكن أيضا يستخدم تصميم آخر على شكل كرة مجوفة.

19.1.1 قانون بلانك

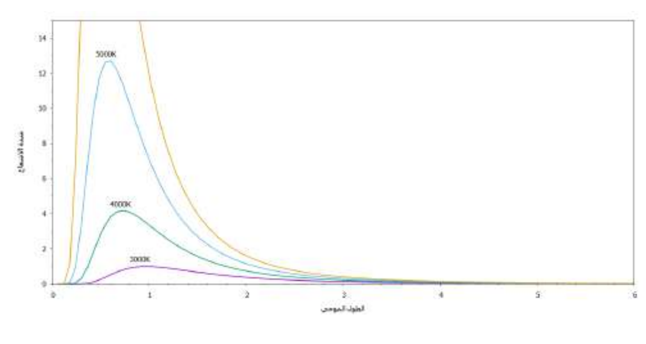
وعندما درس بلانك الجسم الأسود، توصل إلى أن حرارة الجسم هي العامل الوحيد المحدد لكمية الطاقة المنبعثة عند طول موجي معين، وأن الجسم الأسود يشع الموجات الصادرة منه على شكل كمات (فوتونات) غير قابلة للتجزيء.

$$P_\lambda = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1}$$

حيث $C_1 = 2hc^2 = 3.7415 \times 10^{-16}$ ،$C_2 = hc/k = 1.43879 \times 10^{-2}$ ،$h = 6.625 \times 10^{-34}$ ،و P طيف الاشعاع.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu$$

حيث ثابت بلانك $h = 6.6 \times 10^{-34}\, J.s$ ، ν التردد، E الطاقة ، λ الطول الموجي.



شكل 19.3: منحنى بلانك

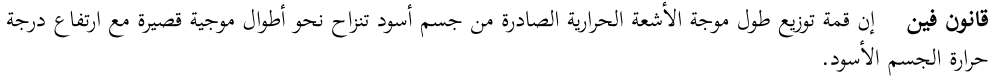
ومن الرسم نلاحظ أن الطول الموجي عند شدة الإشعاع القصوى يتناسب عكسيا مع طاقة الموجة المنبعثة، فقمة المنحنى تنزاح لليسار (نقصان λ) بزيادة درجة الحرارة، وتزداد شدته بزيادة درجة الحرارة، فارتفاع القمة باتجاه المحور Y يزداد (زيادة شدة

[1] أول من وضع فكرة الجسم الأسود هو كيرشوف المتوفى 1887م.

[2] صممه الالمانيان لومر ت 1925م، وكورلبوم ت 1927م.

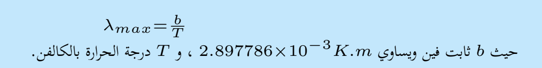
الإشعاع) بزيادة درجة الحرارة. كما نلاحظ أن الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة عن الجسم الأسود تكون بطيف من الاطوال الموجية، أي أن الجسم الاسود - عند نفس درجة الحرارة - يصدر موجات متنوعة، قد يكون منها الوان الطيف والاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية، لكن الشدة القصوى تكون عند واحد منها فقط، بالاضافة إلى أن المنحنى ذو التواء *skewness* لليمين دائما، أما تفرطحه *kurtosis* فيزداد تدببه (مدبب) *leptokurtic* مع ارتفاع درجة الحرارة (معظم القيم بالقرب من الوسط الحسابي)، وهذه ايجابية وسلبية في نفس الوقت، فالإيجابية أننا نستطيع صنع مصابيح ضوئية تعطي شدة اشعاع عند لون معين، أو في الشمس حيث تعطينا جزء من الطيف على شكل ضوء لنرى وجزء كأشعة حرارية تدفيء الأرض، أما كونها سلبية فلأننا نفقد جزء من الطاقة على شكل موجات لا نرغبها، وانما هدر على شكل موجات تحت حمراء مثلا، والتصوير الحراري وتقنية الاستشعار عن بعد من التطبيقات العملية على هذا المفهوم.

شكل 19.4: الاستشعار عن بعد[10]



قانون فين إن قمة توزيع طول موجة الأشعة الحرارية الصادرة من جسم أسود تنزاح نحو أطوال موجية قصيرة مع ارتفاع درجة حرارة الجسم الأسود.

أي أننا إذا نظرنا إلى منحنى بلانك، سنجد أن قمة الموجة يقل طولها الموجي (تتجه لليسار) كلما كانت درجة الحرارة أعلى.



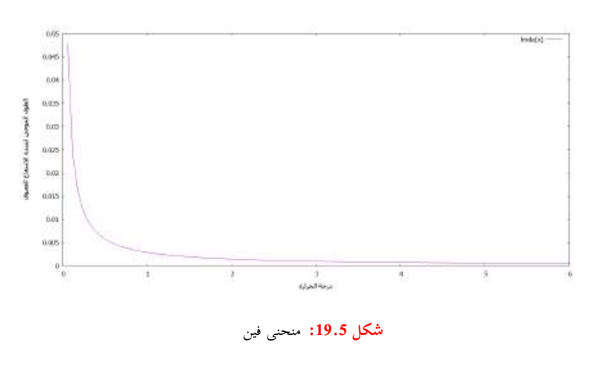
$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

حيث b ثابت فين ويساوي $2.897786 \times 10^{-3} K.m$ ، و T درجة الحرارة بالكالفن.

وبما أن درجة الحرارة T في المقام ، لذا هي متناسبة عكسيا مع الطول الموجي λ للشدة القصوى، أي كلما زادت درجة الحرارة قل الطول الموجي للشدة القصوى وزاد التردد، وهذا يفسر زيادة توهج وابيضاض المعادن مع زيادة درجة حرارتها.

ويستفاد من هذه الظاهرة في بعض الاستخدامات العملية مثل:

- الاستشعار عن بُعد وهو نوع من التصوير للارض بالاقمار الصناعية.
- التصوير الحراري للأجسام سواء للاستخدامات المدنية أو العسكرية.

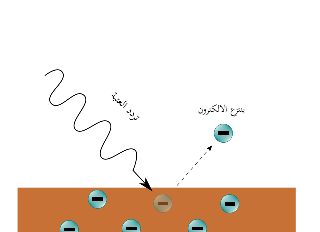


شكل 19.5: منحنى فين

19.2 التأثير الكهروضوئي والانبعاث الحراري

19.2.1 التأثير الكهروضوئي

هو ظاهرة تحدث نتيجة تحرر إلكترون بتأثير موجة كهرومغناطيسية ساقطة عليه، تكون طاقتها أكبر أو تساوي دالة الشغل الحرجة (الطاقة الحرجة)، ويسمى تردد الموجة الساقطة في هذه الحالة بتردد العتبة، أي إذا كان تردد الموجة الساقطة (الفوتون) $\leq$ تردد العتبة فإن الإلكترون سيتحرر، أما إذا كان التردد اقل من ذلك فلن يحدث شيء، وأول من لاحظها العالم هيرتز، حيث شاهد ومضات تظهر على سطح أحد المعادن، وذلك أثناء اجراءه تجارب على الأشعة فوق البنفسجية، وقد سجل هذه الملاحظة، لكنه لم يستطع تفسيرها، ثم جاء أينشتين وفسرها عام 1905م وحصل به على جائزة نوبل.



شكل 19.6: التأثير الكهروضوئي

$$E_w = h\nu_c \tag{19.1}$$

حيث ν_c تردد العتبة وينطق نيو nu ، h ثابت بلانك.

⋆ ومضة

إذا كانت λ للفوتون تقارب المسافة بين ذرات المادة أو اقل، فإن الفوتون ينفذ خلال السطح ولا يصطدم بالالكترونات.

وهي أقل شغل يلزم لتحرير الإلكترون من المعدن، وإذا كانت دالة الشغل E التي أثرت بها الموجة (الفوتون) المغناطيسية الساقطة على الاكترون، أكبر من دالة الشغل الحرجة E_w ، فإن جزء من الشغل يحرر الإلكترون، والشغل المتبقي يُكسب الإلكترون طاقة حركية.

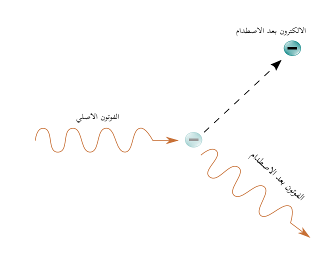
$$E = E_w + \frac{1}{2}mv^2 \tag{19.2}$$

$$KE = hf_1 - hf_0 \tag{19.3}$$

حيث E الشغل الذي تبذله الموجة الساقطة، E_w دالة الشغل الحرجة.

وإذا كانت دالة شغل الموجة الساقطة E أقل من دالة الشغل الحرجة E_w اللازمة لتحرير الإلكترون، فإن الإلكترون لا يتحرر، مهما كانت شدة الموجة، أو زمن تأثيرها على الالكترون.

19.2.2 تأثير كمبتون



شكل 19.7: تأثير كمبنتون

هي ظاهرة تحدث نتيجة سقوط موجة كهرومغناطيسية ذات تردد عال (السينية، غاما)، على الكترون حر، فينشأ عن ذلك اكتساب الالكترون لجزء من طاقة الموجة الساقطة مما يزيد من طاقته الحركية ويغير اتجاهه، ويقل تردد الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة ويتغير اتجاهها.[3]

ويمكننا حساب القوة التي تؤثر بها الفوتونات على السطح بالقانون:

$$F=2mc\Phi_L$$

$$F=\frac{2h\nu\Phi_L}{c}=\frac{2P_w}{c} \quad (19.4)$$

حيث Φ_L معدل الفوتونات الساقطة/ثانية، P_w قدرة الفوتونات الساقطة على المعدن.

أي أن القوة تزداد بزيادة عدد الفوتونات الساقطة على المعدن.

مثال 19.2.104 السؤال

إذا سقط شعاع قدرته $25Watt$ على سطح، فاحسب القوة التي يؤثر بها على السطح ؟

الحل

تعيين المعطيات: $P_w=25Watt$

التطبيق:

$$F=\frac{2P_w}{c}$$

$$=\frac{2\times25}{3\times10^8}$$

$$=16.66\times10^{-8}N$$

النتيجة: القوة التي يؤثر بها الشعاع الساقط تساوي 16.66×10^{-8} نيوتن.

ويمكننا استنتاج العلاقة بين كمية الحركة والطول الموجي

$$P=mc \quad (1)$$

$$E=h\nu \quad (2)$$

$$E=mc^2 \quad (3)$$

نساوي المعادلتين 2،3 :

$$mc^2=h\nu$$

$$m=\frac{hv}{c^2} \quad (4)$$

نعوض من 4 في 1 :

$$P=\frac{hvc}{c^2}$$

$$P=\frac{hv}{c} \quad (5)$$

$$\lambda=\frac{c}{v} \quad (6)$$

نعوض من 6 في 5 :

فنحصل على القانون

$$P=\frac{h}{\lambda} \quad (19.5)$$

حيث h ثابت بلانك، P كمية الحركة، λ الطول الموجي.

ونلاحظ من معادلة اينشتين $E=mc^2$ ، أن للفوتون كتلة، وهذا يثبت الطبيعة الجسيمية للضوء، بالاضافة إلى طبيعته الموجية.

[3] آرثر كمبتون فيزيائي أمريكي ت 1962م.

مثال 19.2.105 السؤال

احسب كمية الحركة والكتلة لفوتون طوله الموجي $400nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda{=}400nm$

التطبيق:

$$P{=}\frac{h}{\lambda}$$

$$=\frac{6.625{\times}10^{-34}}{400{\times}10^{-9}}$$

$$=1.656{\times}10^{-27}kg.m/s$$

$$m{=}\frac{h}{\lambda c}$$

$$=\frac{6.625{\times}10^{-34}}{400{\times}10^{-9}{\times}3{\times}10^{8}}$$

$$=0.552{\times}10^{-33}Kg$$

النتيجة: كمية الحركة للفوتون $1.656{\times}10^{-27}kg.m/s$ وكتلة الفوتون $5.52{\times}10^{-34}$ كيلو جرام.

19.2.3 الطبيعة الموجية للجسيم

استنتج دي برولي[4] أننا نستطيع تطبيق معادلة كمية الحركة السابقة $P{=}h/\lambda$ على الجسيمات التي في حجم الذرة أو أقل، وبما أن $P{=}mv$ فهذا يعني أن الطول الموجي يتناسب عكسيا مع سرعة الجسيم، وافترض أن الجسيم المتحرك له موجه مصاحبة. ووجد العلماء أن الجسيمات الصغيرة حين ترسل على شكل شعاع (صف من الجسيمات المتتابعة)، تصبح لها صفات شبيهة بصفات الموجات، من حيث الانعكاس والانكسار والحيود، بل يمكن تركيزها وتشتيتها بعدسات المجالات الكهربائية والمغناطيسية وهذا دليل على صحة راي دي برولي.

ومن أكثر التطبيقات شهرة وفائدة، على هذه الحقيقة، اختراع المجهر الالكتروني.

شكل 19.8: إنخفاض طول موجة دي برولي بتأثير زيادة سرعة الجسيم.

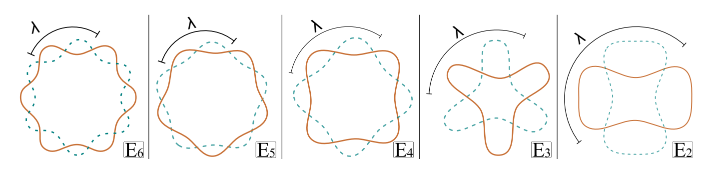
قانون دي برولي

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \qquad (19.6)$$

$$E{=}Vq{=}\frac{1}{2}mv^2 \;\Rightarrow v{=}\sqrt{\frac{2Vq}{m}}$$

حيث v السرعة، V فرق الكمون (الجهد).

والجزء $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ في المعادلة يستخدم فقط عند السرعات النسبية القريبة من سرعة الضوء.



شكل 19.9: موجة دي برولي للالكترونات حول النواة

[4] دي برولي فيزيائي فرنسي ت 1987م.

مثال 19.2.106 السؤال

احسب طول موجة دي برولي لبروتون ينطلق تحت فرق جهد (كمون) $500V$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=500V$ ، $m_p=1.67\times10^{-27}kg$ ، $q=1.6\times10^{-19}C$ ،

التطبيق:

$$v=\sqrt{\frac{2Vq}{m}}$$

$$=\sqrt{\frac{2\times500\times1.6\times10^{-19}}{1.67\times10^{-27}}}$$

$$=3.09\times10^{5}m/s$$

$$\lambda=\frac{h}{mv}$$

$$=\frac{6.625\times10^{-34}}{1.67\times10^{-27}\times3.09\times10^{5}}$$

$$=1.28\times10^{-12}m$$

النتيجة: طول موجة دي برولي لهذا البروتون $1.28\times10^{-12}m$.

19.2.3.1 المجهر الالكتروني

يتكون المجهر الالكتروني من انبوب مفرغ من الهواء، ومثبت في أعلاه مصدر أو جهاز لانتاج الالكترونات (كاثود)، تنطلق منه الالكترونات متجهة لقاعدة الانبوب، وتمر في طريقها بمجالات مغناطيسية تعمل على تركيزها في مسار محدد. في اسفل الأنبوب توضع العينة المطلوب تصويرها، ويجب طلائها بمادة معدنية قبل ادخالها في المجهر الالكتروني.

تنقسم العينات المراد تصويرها إلى نوعين:

- شرائح رقيقة وهذه تعبر من خلالها الالكترونات وتسقط على شاشة فلمية أو حساس ديجيتل *seneor* يستقبل الصورة.
- أجسام ثلاثية الابعاد سواء أجساد كائنات حية أو اجسام الجامدة وهذه تسقط عليها الالكترونات وترتد، ويتم استقبالها على حساس الكتروني *sensor* ينقل المعلومات مباشرة لحاسب آلي موصول به، حيث يقوم الحاسب برسم الصورة نقطة بنقطة على شكل رسم ثلاثية الابعاد.

شكل 19.10: المجهر الالكتروني

19.3 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- الجسم ..... المثالي يمتص كل الموجات الكهرومغناطيسية الساقطة عليه ؟

ا) الأسود ✓ ج) الأحمر

ب) الأبيض د) الأخضر

2- توصل بلانك إلى أن العامل الوحيد المحدد لكمية الطاقة المنبعثة عند طول موجي معين ؟

ا) حرارة الجسم ✓ ج) وزن الجسم

ب) لون الجسم د) كثافة الجسم

3- الجسم الأسود يشع الموجات على شكل ؟

ا) الكترونات ج) بروتونات

ب) فوتونات ✓ د) موجات طوليه

4- الطول الموجي للموجات الصادرة من الجسم الأسود عند شدة الإشعاع القصوى يتناسب طرديا مع طاقة الموجة المنبعثة ؟

ا) صح ب) خطأ ✓

5- في منحنى بلانك نجد أن قمة الموجة يقل طولها الموجي كلما كانت درجة الحرارة أعلى ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

6- أقل تردد تسمح بتحرر الالكترون في التأثير الكهروضوئي ؟

ا) تردد العتبة ✓ ج) تردد الصوت

ب) تردد الربط د) تردد الرنين

7- أي الموجات التالية يمكن أن تسبب ظاهرة كمبتون ؟

ا) أشعة تحت حمراء ج) ضوء أحمر

ب) أشعة ميكرويف د) أشعة سينية ✓

7- في تأثير كمبتون، أي عدد فوتونات تؤثر بقوة أكبر على السطح ؟

ا) $20\ photons$ ✓ ج) $12\ photons$

ب) $15\ photns$ د) $2\ photons$

8- احسب كمية الحركة والكتلة لفوتون طوله الموجي $700nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=700nm$

التطبيق:

$$P=\frac{h}{\lambda}$$
$$=\frac{6.625\times10^{-34}}{700\times10^{-9}}$$
$$=0.946\times10^{-27}kg.m/s$$
$$m=\frac{h}{\lambda c}$$
$$=\frac{6.625\times10^{-34}}{700\times10^{-9}\times3\times10^{8}}$$
$$=0.315\times10^{-33}Kg$$

9- احسب سرعة الكترون وجهد كمونه عندما يكون طوله الموجي $12nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=12\times10^{-9}m$ ، $m_e=9.1\times10^{-31}kg$ ، $q=-1.6\times10^{-19}C$

التطبيق:

$$\lambda=\frac{h}{mv}$$
$$12\times10^{-9}=\frac{6.625\times10^{-34}}{1.67\times10^{-27}\times v}$$
$$v=6.06\times10^{6}m/s$$
$$Vq=\frac{1}{2}mv^2$$
$$V=\frac{mv^2}{2q}=\frac{9.1\times10^{-31}\times(6.06\times10^{6})^2}{2\times-1.6\times10^{-19}}$$
$$=104.43V$$

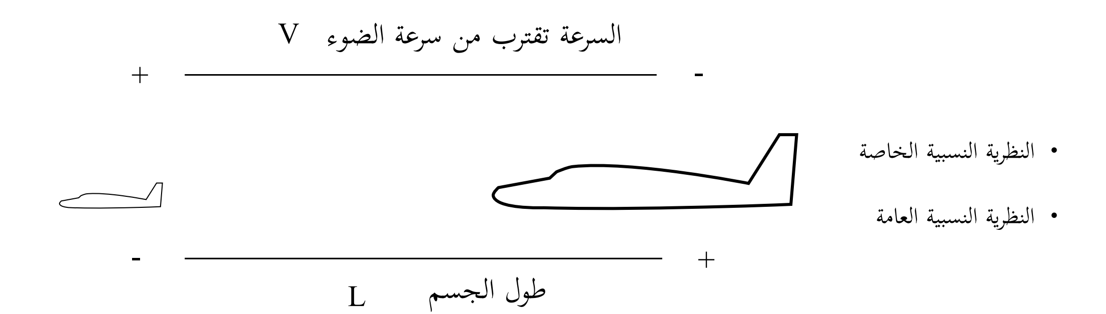
10- من نتائج دراسة الظاهرة الكهروضوئية أن الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة من سطح فلزي تعتمد على ؟

ا) طاقة الفوتونات الساقطة ✓ ج) عدد الالكترونات

ب) عدد القوتونات د) عدد الكتلة

20

النظرية النسبية



- النظرية النسبية الخاصة
- النظرية النسبية العامة

مقدمة

مع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، بدأ علماء الفيزياء بالتعرف على مفاهيم وقوانين جديدة جعلتهم يعيدون النظر في بعض ما كانوا يعتقدون أنها مسلمات. وعلى رأس هذه المسلمات قوانين نيوتن!، فقانون نيوتن الثاني $F=ma$ ، لم يعد صالحا للاستخدام مع الجسيمات الذرية والتحت ذرية، بسبب صغر كتلتها، ولم يعد صالحا للاستخدام مع الكتل المتسارعة إلى سرعة تقارب سرعة الضوء لأن كتلتها تتغير مع السرعة. وهذا ما دفع علماء الفيزياء للبحث عن مخرج من هذه المشكلة.

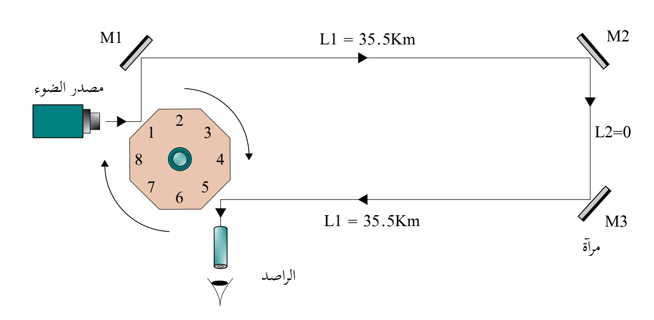
النظرية النسبية مبنية على الزمن وسرعة الضوء، لذا يحسن بنا الحديث عن الضوء وتاريخه العلمي، إن العلماء اليونانيين، كانوا يعتقدون بوجود لوامس تخرج من العين مثل أيدي الاخطبوط أو مثل لوامس قنديل البحر، لكنها شفافة، وتقوم هذه اللوامس بتحسس الأشياء، ومن خلالها تتم الرؤية في العين. واستمر هذا التصور إلى أن جاء الحسن بن الهيثم، الذي توصل من خلال جهاز القمرة الذي صنعه، إلى أن الرؤية تتم نتيجة انعكاس الضوء على الاجسام، ثم جاء نيوتن وطور هذه الرؤية فقال بأن الضوء هو فيض من الجسيمات الصغيرة التي تصطدم بالاجسام، لكن النقلة الأهم، كانت عن طريق هوجينز[1]، حيث افترض أن الضوء عبارة عن موجات. ورغم صحة هذه الرؤية إلا أنها لم تجد القبول من علماء عصره نظراً لقوة المناصرين للرؤية التقليدية المتمثلة بوجهة نظر نيوتن، التي تقول بأن الضوء جسيمات. إلى أن جاء العالم يونج وأثبت أن للضوء طبيعة موجية بالتجربة المشروحة في فصل التداخل والحيود، ثم جاء من بعده مالوس وأثبت أن الضوء عبارة عن موجات مستعرضة بتجربة الاستقطاب.

لقد كانت بداية النقلة الكبرى بوضع النظرية الكهرومغناطيسية على يد ماكسويل في العام 1864م، والذي توصل إلى أن الموجة الكهرومغناطيسية تتكون من مجالين كهربائي (E)) ومغناطيسي (H) متعامدين[9] ويمثلان بالمعادلتين التفاضليتين:

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}=c^2.\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} \qquad \frac{\partial^2 H_Z}{\partial t^2}=c^2.\frac{\partial^2 H_Z}{\partial x^2} \tag{20.1}$$

حيث سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ $c=1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$، و معامل النفاذية المغناطيسية في الفراغ $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}N/A^2$ والنفاذية الكهربائية في الفراغ $e_0=8.85\times10^{-12}F/m$.

20.0.0.1 سرعة الضوء



شكل 20.1: تجربة مايكلسون لحساب سرعة الضوء

حاول العديد من العلماء حساب سرعة الضوء، وكان منهم جاليلو وفيزو وفوكو، لكن أشهرهم وأدقهم تجربة مايكلسون[2]، حيث وضع أجهزة التجربة على جبلي ويلسون وأنطونيو في كاليفورنيا، كما هو موضح في الرسم. فوضع المرآتين $M2$ و $M3$ على الجبل الأول والمسافة بينهما صغيرة جدا ولهذا نعتبرها تساوي صفر $L2\simeq0$. وعلى الجبل الآخر وضع مضلع ثماني الأوجه، وذو أوجه عاكسه، ووضع بجواره مصدر ضوئي ومنظار للرصد، بحيث يقع الضوء على المضلع الثماني ثم ينعكس إلى المرآة $M1$ ومنها إلى المرآة $M2$ على الجبل الأول الذي يبعد $L1=35.5Km$ ، ومنها إلى المرآة $M3$ ثم إلى المضلع الثماني، وأخيرا ينعكس الضوء إلى منظار الراصد. ووجد مايكلسون أن الضوء يظهر على شكل نبضات منفصلة، لكن يصبح شعاع الضوء متصل حين تصل سرعة دوران المضلع إلى 529 دورة في الثانية .

وحيث أن الزمن الدوري يساوي مقلوب التردد $t=\frac{1}{\nu}$ ، والتردد يساوي عدد الدورات على زمنها $\nu=\frac{Kn}{t}$ حيث K عدد أضلاع العاكس وn عدد الدورات، وبالتعويض:

$$\nu=\frac{8\times529}{1}$$

$$t=\frac{1}{\nu}=\frac{1}{8\times529}=2.36\times10^{-4}s$$

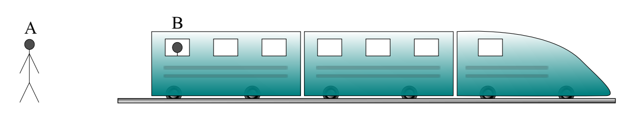
والسرعة تساوي $C=v=\frac{d}{t}$

[1] كرستيان هوجنز ت 1695م.
[2] عالم فيزياء ت 1931م.

$$C=\frac{2L1}{t}=\frac{2\times35.5\times10^{3}}{2.36\times10^{-4}}=3\times10^{8}m/s$$

وسرعة الضوء لا يمكن أن تزيد عن سرعتها في الفراغ $3\times10^{8}m/s$ لكن يمكن أن تنقص بمقدار ضئيل عند انتقالها إلى وسط مادي مثل الزجاج ثم تستعيد سرعتها بمجرد خروجها منه.

20.0.0.2 الحركة النسبية



شكل 20.2: السرعة النسبية لرجل في القطار

لنفرض أن رجلا A يقف على رصيف القطار، وكان في القطار رجل آخر B يقف بجوار النافذة، وكانت سرعة القطار $10m/s$ فكم تكون سرعة الرجل B بالنسبة للرجل الموجود على رصيف القطار، بالتأكيد ستكون سرعته النسبية $\vec{V}=\vec{V_A}+\vec{V_B}$، أي أن السرعة النسبية تساوي السرعة المتجهة للرجل الأول زائد السرعة المتجهة للرجل الثاني:

$$V=0+10=10m/s$$

لنفرض بعض الحالات:

أ- لنغيّر قليلا ولنقل أن الرجل A بدأ بالسير بسرعة $2m/s$ في اتجاه معاكس لحركة القطار، فكم تكون السرعة النسبية:

$$V=10+2=12m/s$$

ب- لنغيّر المثال ولنفرض أن الرجل A كان يسير بسرعة $2m/s$ ولكن في نفس اتجاه حركة القطار، كم تكون السرعة النسبية للرجل B بالنسبة للرجل A :

$$V=10-2=8m/s$$

أخيرا، لنُعد نفس الحالتين الأخيرتين مع جعل الرجل A ساكن:

ج- لنفرض أن الرجل B يتحرك داخل القطار بسرعة $2m/s$ في نفس اتجاه حركة القطار، فكم تكون الحركة النسبية له بالنسبة للرجل A :

$$V=(10+2)+0=12m/s$$

د- لنفرض أن الرجل B يتحرك داخل القطار بسرعة $2m/s$ في عكس اتجاه حركة القطار، فكم تكون الحركة النسبية له بالنسبة للرجل A :

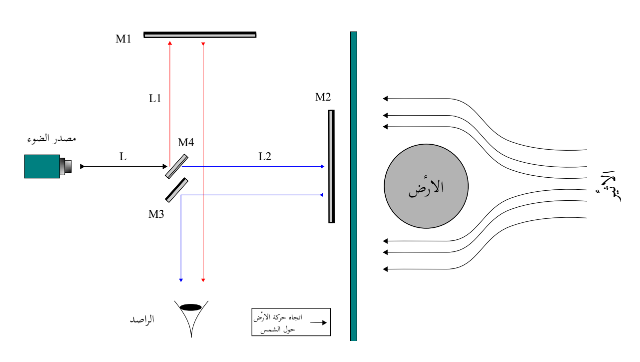
$$V=(10-2)+0=8m/s$$

ماذا تلاحظ؟ لابد أنك لاحظت أن نتيجة الحالتين (أ و ج) متساوية، ونتيجة (ب و د) متساوية، أي أن السرعة النسبية للجسمين لا تتأثر ما دامت السرعة مستقيمة ومنتظمة.
مثال آخر: لنفرض أن لدينا فوتونين يسيران في خط مستقيم ولكن يسيران في اتجاهين متعاكسين مبتعدين عن بعضهما، فكم سرعة الفوتون A بالنسبة للفوتون B :

$$V=3\times10^{8}+3\times10^{8}=9\times10^{8}m/s$$

لكن كلنا يعرف أنه لا توجد سرعة أكبر من سرعة الضوء $3\times10^{8}m/s$ ؟! أي النتيجة السابقة خاطئة فيزيائيا ؟! إننا لا نستطيع استخدام الطريقة البسيطة السابقة لحساب السرعة النسبية للأجسام التي تسير بسرعة تقترب من سرعة الضوء أو تساويها.

20.0.0.3 الأثير



شكل 20.3: الأثير- مايكلسون ومورلي

اعتقد علماء القرن التاسع عشر بوجود مادة شفافة في الفضاء ينتقل من خلالها الضوء، حيث لم يتصوروا أن الضوء يمكن أن ينتقل في الفراغ، وكان العالم هيجنز أشهر من افترض وجود الأثير. ولأن أحدا لم يثبت وجوده، سعى العالم مايكلسون ومعه مساعدة مورلي لإثبات وجوده بالتجربة الموضحة في الرسم.

إفترض مايكلسون أن الأرض أثناء دورانها حول الشمس تصطدم بمادة الأثير التي تشكل الفضاء، وبما أن الأرض تسير حول الشمس بسرعة $2.978\times10^4 m/s$ فإن سرعة إصطدام الأثير بالأرض سيكون بنفس السرعة ولكن بالاتجاه المعاكس. فوضع مصدر ضوئي يصدر شعاع ضوئي L باتجاه حركة الأرض ومعاكس لحركة الأثير، ويسقط على مرآة $M4$ نصف شفافة (تعكس 50% وتنفذ 50%)، الشعاع المنعكس $L1$ يصطدم بالمرآة $M1$ وينعكس بإتجاه الراصد، أما الشعاع $L2$ فيصطدم بالمرآة $M2$ ثم ينعكس إلى المرآة $M3$ التي ينعكس عليها ثم يتجه للراصد.

توقع مايكلسون أن الشعاع $L2$ سيصل متأخرا عن $L1$ لأن $L2$ يسير في إتجاه معاكس للأثير، وبالتالي سيقوم الأثير بإبطاء سرعته. لكن المفاجأة كانت بوصول الشعاعين في نفس الوقت. ولشدة إيمان مايكلسون بوجود الأثير فقد افترض أن تجربته غير دقيقة وبها خطأ ما. لكن لحسن حظه أن عدد من العلماء أعادوا التجربة وتوصلوا إلى أن التجربة صحيحة، وأن مايكلسون إنما أثبت بتجربته أن الأثير غير موجود وأن سرعة الضوء لا تعتمد على حركة المصدر أو المستقبل، في حين أن هدف التجربة الأساسي هو إثبات وجود الأثير!.

$$\begin{cases} X' &= x - vt \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{cases}$$

شكل 20.4: معادلات التحويل لجاليلو للأبعاد الأربعة.

20.0.0.4 معادلات لورنتز

قام لورنتز بدراسة الحركة في الابعاد الأربعة x,y,z,t حيث t الزمن، والتغيير الذي سيحصل في معادلات الحركة لجاليلو، فتوصل إلى استنتاجات مهمة، سنأخذ جزء بسيط منها يتناسب مع هدف هذا الكتاب. لقد توصل لورنتز إلى أننا نحتاج لإضافة معامل تصحيح لتعديل معادلات جاليلو:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\begin{cases} X' &= \frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$

شكل 20.5: معادلات التحويل لجاليلو بعد تطبيق تصحيح لورنتز.

كما توصل لمعادلة جمع السرعات:

$$U_x = \frac{U_x' \pm v}{1+\frac{v}{C^2}U_x'}$$

حيث U_x السرعة النسبية الناتجة، v سرعة الجسم الأول، U_x' سرعة الجسم الثاني.

مثال 20.0.107 السؤال

مركبة فضائية تسير بسرعة $0.4Cm/s$ ، أطلقت قذيفة بسرعة $0.2Cm/s$ بإتجاه الأمام، كم ستكون سرعة القذيفة بالنسبة لمراقب ساكن ؟

الحل

تعيين المعطيات: $U_x'=0.2Cm/s$ ، $v=0.4Cm/s$

التطبيق:

$$U_x = \frac{U_x'+v}{1+\frac{v}{C^2}U_x'}$$

$$= \frac{0.2C+0.4C}{1+\frac{0.4C}{C^2}\times0.2C}$$

$$= \frac{0.6C}{1+0.08} = \frac{0.6C}{1.08}$$

$$= 0.555Cm/s$$

النتيجة: سرعة القذيفة بالنسبة للمراقب الساكن تساوي $0.555C$ متر/ثانية.

مثال 20.0.108 السؤال

دبابة تسير بسرعة $20m/s$ ، أطلقت قذيفة بسرعة $50m/s$ بإتجاه الأمام، كم ستكون سرعة القذيفة بالنسبة لمراقب ساكن ؟

الحل

تعيين المعطيات: $U_x'=50m/s$ ، $v=20m/s$

التطبيق:

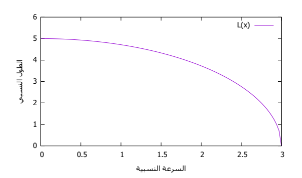
$$U_x = \frac{U_x'+v}{1+\frac{v}{C^2}U_x'}$$

$$= \frac{50+20}{1+\frac{20}{C^2}\times50}$$

$$= \frac{70}{1+1.1\times10^{-14}} = \frac{70}{1}$$

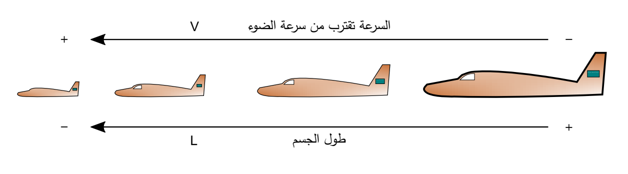
$$= 70m/s$$

النتيجة: سرعة القذيفة بالنسبة للمراقب الساكن تساوي 70 متر/ثانية. لاحظ أن تحويل لورنتز أعطى قيمة صغيرة جدا جدا 1.1×10^{-14} ولهذا تجاهلناه، ويتم تجاهله دائما عند السرعات الأصغر كثيرا من سرعة الضوء $v<<C$.

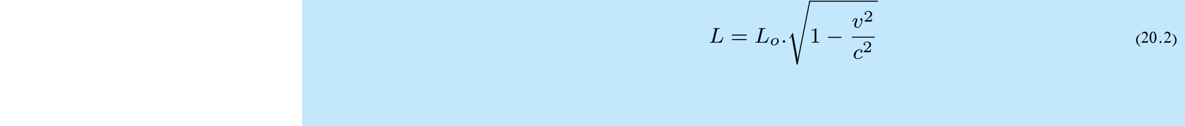


شكل 20.6: الطول النسبي يتقلص بزيادة السرعة.

الطول في النسبية يقل الطول أو ينكمش الجسم بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة. ويسمى بتقلص فتزجيرالد - لورنتز لانهما من اكتشفاه لكن كل على حده.



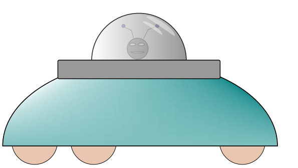
شكل 20.7: الطول في النسبية



$$L = L_o.\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \tag{20.2}$$

(معامل لورنتز) $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

حيث L الطول المشاهد، L_0 الطول الحقيقي، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.



شكل 20.8: اليوفو هي خيالات ناتجة عن ظواهر جوية، وأحيانا مركبات وأسلحة تجريبية سرية أو طائرة تعمل على تأثير كوندا coanda .

مثال 20.0.109 السؤال

مركبة فضائية طولها في حالة السكون $L_0{=}5m$ وكتلتها $m_0{=}1000kg$، احسب طولها عندما تسير بسرعة $v{=}2.5{\times}10^8m/s$؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_0{=}5m$ ، $m_0{=}1000Kg$ ، $V{=}2.5{\times}10^8m/s$

التطبيق:

$$L{=}L_o.\sqrt{1{-}\frac{v^2}{c^2}}$$

$$={5}{\times}\sqrt{1{-}\frac{(2.5{\times}10^8)^2}{(3{\times}10^8)^2}}$$

$$=2.7639m$$

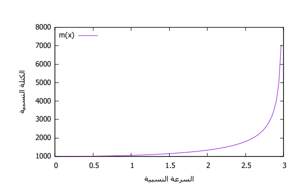
النتيجة: طول المركبة الفضائية بالنسبة للراصد 2.76 متر.

الزمن في النسبية يتباطأ الزمن أو يتمدد بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \tag{20.3}$$

(معامل لورنتز) $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

حيث $\Delta t'$ التغير في الزمن النسبي، Δt التغير في الزمن عند السكون، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.



شكل 20.9: الكتلة النسبية تزداد بزيادة السرعة.

الكتلة في النسبية تزداد كتلة الجسم بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة.

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \tag{20.4}$$

(معامل لورنتز)

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

حيث $\Delta t'$ التغير في الزمن النسبي،Δt التغير في الزمن عند السكون، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.

ومن الرسم البياني في الهامش، نلاحظ أن الكتلة تزداد بشكل فجائي عند وصولها إلى $0.9Cm/s$ تقريبا، وهو ما يجعل زيادة السرعة أكثر من ذلك صعبة ومكلفة، حيث أن الزيادة المفاجئة في الكتلة تتطلب زيادة مقابلة لها في الشغل المبذول لاحداث التسارع، وهو ما يفسر ارتفاع تكلفة تشغيل مسرعات الجسيمات.

مثال 20.0.110 السؤال

من المثال السابق احسب كتلة المركبة عند نفس السرعة؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_0=5m$ ، $m_0=1000Kg$ ، $V=2.5\times10^8 m/s$

التطبيق:

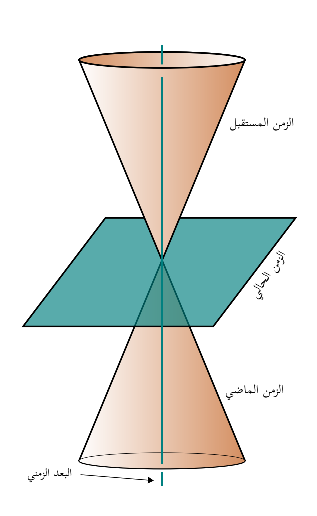
$$m=\frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$=\frac{1000}{\sqrt{1-\frac{(2.5\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}}$$

$$=1809.0681kg$$

النتيجة: كتلة المركبة عند هذه السرعة 1809.06 كيلوجرام.





شكل 20.10: يمثل البعد الرابع بحذف البعد z واستبداله بالبعد t .

الأبعاد الأربعة

كما نعلم أن النظرية النسبية ترتكز على نسبية الزمن، أي أن الزمن غير مطلق، ولهذا عند التمثيل البياني للظواهر النسبية نحتاج إلى أربعة أبعاد x,y,z,t ، وكلمة Dimension تترجم إلى العربية إما إلى «المحور» أو «البعد» ، فنقول محور أو بعد، محورين أو بعدين، ثلاث محاور أو ثلاثة أبعاد، وأربعة أبعاد لكن يصعب أن نقول أربعة محاور، لأن المحاور هي خطوط متجهة بينها زوايا قائمة. ولهذا فإن العلماء واجهوا مشكلة تمثيل البيانات على أربعة محاور، بحذف المحور z واستبداله بالزمن t كما في الشكل الجانبي. لكن البعض فضل الاحتفاظ بالابعاد الثلاثة x,y,z وجعل البعد الرابع لوني، أي يشير تدرج اللون إلى التغير في قيمة البعد الرابع.

20.0.0.5 النظرية النسبية الخاصة

وضعت النظرية النسبية على يد العالم الالماني - الامريكي أينشتاين[3] عام 1905 م، وسميت بالخاصة لأنها خاصة بالأجسام التي تسير بسرعة منتظمة (ثابتة بدون تسارع $a=0$) وقريبة من سرعة الضوء وفي خط مستقيم.

وهي مبنية على فرضيتين:

1) سرعة الضوء في الفراغ لها نفس القيمة في جميع المجموعات الاحداثية المتحركة بالنسبة لبعضها بسرعة منتظمة، ولا توجد سرعة أكبر منها.

2) القوانين الطبيعية واحدة في جميع المجموعات الاحداثية المتحركة بسرعة منتظمة بالنسبة لبعضها.[4]

تكافؤ الكتلة والطاقة توصل العالم ليبديف في عام 1894م إلى أن الموجات الكهرومغناطيسية تملك كمية حركة خطية في اتجاه انتشارها، وتساوي E/c ، وجاء اينشتاين من بعده وبنى على ذلك قانونه الشهير الذي يربط بين الطاقة والكتلة، الذي استنتجه من تجربة الصندوق التخيلي المشهورة.

إثبات قانون اينشتاين

من قانون الزخم $p=mv \Rightarrow p=mc$

ومن قانون الحركة $v=\frac{x}{t} \Rightarrow c=\frac{x}{t}$

وباعتبار وحدة أصغر من x وهي dx

[3] فيزيائي أمريكي حاصل على جائزة نوبل عن الظاهرة الكهروضوئية ت 1955م.

$$\frac{\partial x}{\partial t}=c$$

$$\frac{\partial x}{\partial \psi}\cdot\frac{\partial \psi}{\partial t}=c$$

وبما أن مؤثر الزخم $p=-i\hbar\frac{\partial}{\partial x}$ و مؤثر الطاقة $E=i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$ نستنتج:

$$\frac{i\hbar E}{i\hbar p}=c \Rightarrow E=pc$$

$$E=(mc)\times c$$

ومنه نستنتج قانون اينشتاين $E=mc^2$

$$E_0=mc^2 \quad (20.5)$$

حيث E_0 الطاقة، m كتلة الجسم، c سرعة الضوء.

مثال 20.0.111 السؤال

بذلنا شغل مقداره $100J$ لضغط نابض، احسب الزيادة الحاصلة في كتلة النابض؟

الحل

تعيين المعطيات: $E=100J$

التطبيق:

$$E=mc^2$$

$$\Delta m=\frac{E}{C^2}$$

$$=\frac{100}{(3\times10^8)^2}=1.11\times10^{-15}Kg$$

النتيجة: الزيادة في كتلة النابض أثناء انضغاطه تساوي 1.11×10^{-15} كيلو جرام، ونلاحظ أن الزيادة صغيرة جدا ولهذا يتم تجاهلها عادة.

الطاقة الحركية في النسبية

الطاقة الحركية W للجسم المتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء تساوي الطاقة الكلية للجسم في حالة الحركة E مطروحاً منها الطاقة السكونية E_0 .

$$E=W+E_0$$

$$W=\frac{m_0C^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-m_0C^2 \quad (20.6)$$

مثال 20.0.112 السؤال

احسب الطاقة الحركية لإلكترون سرعته $0.7Cm/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v=0.7C=2.1\times10^8m/s$ ، $m_0=9.11\times10^{-31}Kg$

التطبيق:

$$W=\frac{m_0C^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-m_0C^2$$

$$W=\frac{9.11\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2}{\sqrt{1-\frac{(2.1\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}}-9.11\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2$$

$$=\frac{3.28\times10^{-14}J}{1.6\times10^{-19}}=0.205MeV$$

النتيجة: الطاقة الحركية للالكترون تساوي 0.205 ميغا إلكترون فولت.

20.0.0.6 النظرية النسبية العامة

بعد أن وضع أينشتاين النظرية النسبية الخاصة، أخذ يفكر في امكانية تعميم نسبيته الخاصة، فتوصل في عام 1916م لنظريته النسبية العامة.

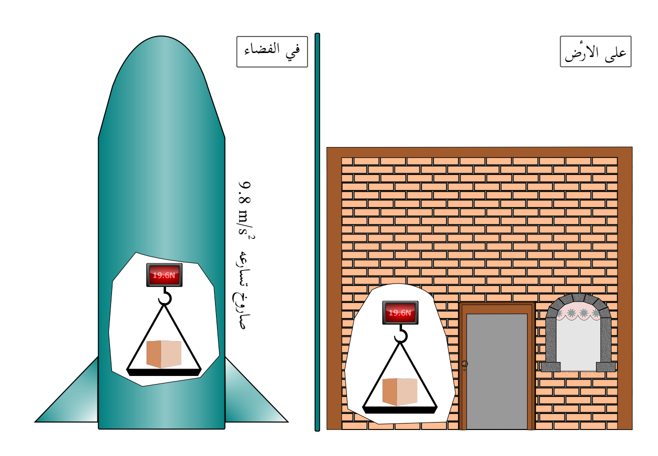
وهي مبنية على مبدأين:

1) مبدأ التكافو: وينص على عمومية السقوط الحر أي أن جميع الاجسام تسقط بنفس المعدل في مجال الجاذبية بغض النظر عن كتلتها وتركيبتها المادية.

2) مبدأ التوافق: أن القوانين الفيزيائية يجب أن تتوافق، أي أنها لا تتغير أو تتعارض مع تغير نوع الاحداثيات الزمانية والمكانية المستخدمة، ويتحقق ذلك باستخدام الممددات.[4]

تحتوي النظرية النسبية العامة على الكثير من المفاهيم المعقدة فلسفيا ورياضيا ولهذا سيتم الإقتصار على بعض المفاهيم السهلة والقصيرة التي تناسب هذا الكتاب.

عدم تمييز قوى القصور الذاتي عن قوى الجاذبية



شكل 20.11: عدم تمييز قوى القصور الذاتي عن قوى الجذب

يرى أينشتاين أنه لا يمكن تمييز قوى الجاذبية من قوى القصور الذاتي، فمثلا إذا كان لدينا جسما كتلته $2Kg$ ووزناه على سطح الأرض فسيكون وزنه $19.6N$ وذلك بفعل تسارع الجاذبية الأرضية $9.8m/s^2$ ، ولو أخذنا نفس الجسم إلى الفضاء حيث لا توجد جاذبية ووزنا نفس الجسم عندما يكون الصاروخ متحركا بتسارع $9.8m/s^2$ فإننا سنجد أن وزنه $19.6N$ ولكن بتأثير قوة القصور الذاتي.

حيود الضوء بتأثير قوة الجاذبية

أثبت أينشتاين أن الضوء له طبيعة جسيمية فهو يتأثر بقوة الجاذبية وينحني مساره عند تعرضه لقوى الجاذبية الشمسية أو الارضية أو النجوم، ووضع قانونا لحساب زاوية الحيود او الانحراف.

$$\theta = tan^{-1}(\frac{2GM_s}{R_sC^2}) \tag{20.7}$$

حيث G ثابت الجذب، M_s كتلة الشمس، R_s نصف قطر الشمس، C سرعة الضوء

مثال 20.0.113 السؤال

احسب زاوية حيود الضوء نتيجة مروره بجوار الشمس ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $R_s=6.95\times10^8m$، $M_s=1.989\times10^{30}Kg$

التطبيق:

$\theta\approx tan\theta=\frac{2GM_s}{R_sC^2}$

$\theta\approx tan\theta=\frac{2\times6.674\times10^{-11}\times1.989\times10^{30}}{6.96\times10^8\times(3\times10^8)^2}$

$=4.2383\times10^{-6}Deg\times360=0.0015$

النتيجة: زاوية انحراف الضوء تساوي تقريبا 1.5 ثانية قوسية.

وقد تم إثباتها عمليا بحساب انحراف الضوء حول الشمس أثناء كسوف الشمس عام 1919م.

الثقوب السوداء

توقع أينشتاين وجود الثقوب السوداء، ثم ثبت وجودها لاحقا، والثقوب السوداء هي نجوم استنفدت الطاقة النووية بها، فبردت، ولأنها مكونة من الهيليوم فقد انكمشت بسهوله تحت تأثير جاذبية مركزها، وبإستمرار الجذب تنسحق الذرات وتتفكك إلى بروتونات ونيوترونات والكترونات، ثم تندمج البروتونات مع الإلكترونات وتتحول جميعها إلى نيوترونات، ويسمى النجم النيوتروني. ويعتبر النجم قد تحول إلى ثقب أسود إذا أصبح نصف قطره مساوي للنصف قطر الحرج ويحسب بقانون نصف قطر شوارزشايلد:

$$gravitational\ radius = \frac{2GM}{C^2} \tag{20.8}$$

مثال 20.0.114 السؤال

احسب نصف قطر شوارزشايلد للشمس ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M=1.989\times10^{30}Kg$

التطبيق:

$gravitational\ radius=\frac{2GM}{C^2}$

$=\frac{2\times6.674\times10^{-11}\times1.989\times10^{30}}{(3\times10^8)}$

$=2949.9m$

النتيجة: نصف القطر الحرج للشمس لكي تصبح ثقب أسود يساوي 2949.9 متر.

الانزياح اللوني للضوء

يرى اينشتاين في النظرية النسبية العامة أن الضوء يميل للانزياح نحو اللون الأحمر، أي أن تردده ينقص وطوله الموجي يزداد كلما كانت كتلة النجم أو الثقب الأسود أكبر، وذلك وفق المعادلة التالية.

$$\nu' = \nu(1-\frac{GM}{RC^2}) \tag{20.9}$$

حيث ν التردد الأصلي، G ثابت الجذب، M كتلة النجم، R نصف قطره

مثال 20.0.115 السؤال

احسب تردد الضوء الناتج عن الإنزياح اللوني لشعاع أزرق يخرج من الشمس ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M=1.989\times10^{30}Kg$ ، $R=6.963\times10^8m$ ، $\nu=7.058\times10^{14}Hz$

التطبيق:

$$\nu' = \nu(1-\frac{GM}{RC^2})$$

$$=7.058\times10^{14}\times(1-\frac{6.674\times10^{-11}\times1.989\times10^{30}}{6.963\times10^8\times(3\times10^8)^2})$$

$$=7.057\times10^{14}$$

النتيجة: تردد الضوء بعد الإنزياح اللوني بتأثير الشمس يساوي $7.057\times10^{14}Hz$.

تمدد الزمن بتأثير قوة الجاذبية

مر علينا سابقا أن الزمن يتمدد أو يتباطأ بتأثير السرعات القريبة من سرعة الضوء، وقد وجد أينشتين في نظريته النسبية العامة أن الزمن يتباطأ أيضا بتأثير قوة الجاذبية، فالزمن على سطح المشتري ابطأ منه على سطح الأرض، والزمن على الشمس أبطأ منه على المشتري، والزمن شبه متوقف في الثقوب السوداء ذات الكتل العملاقة. وقد قام أينشتين بحساب تباطؤ الزمن على الشمس ، فوجد أن السنة على سطح الشمس أطول من السنة الأرضية بدقيقة كاملة، وقد لا يكون هذا الفرق مؤثرا للانسان العادي، لكن حين نحسب الفرق في الزمن بين السنة الأرضية والسنة على سطح نجم عملاق، فإننا سنفاجأ بأن الفرق يساوي شهور وسنوات.

$$t' = t(1-\frac{GM}{RC^2}) \qquad (20.10)$$

حيث t الزمن، G ثابت الجذب، M كتلة النجم، R نصف قطره

مثال 20.0.116 السؤال

احسب تمدد سنة واحدة على سطح الشمس بتأثير قوة جاذبيتها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M=1.989\times10^{30}Kg$ ، $R=6.963\times10^8m$ ، $t=1y=31557600s$

التطبيق:

$$t' = t(1-\frac{GM}{RC^2})$$

$$=31557600\times(1-\frac{6.674\times10^{-11}\times1.989\times10^{30}}{6.963\times10^8\times(3\times10^8)^2})$$

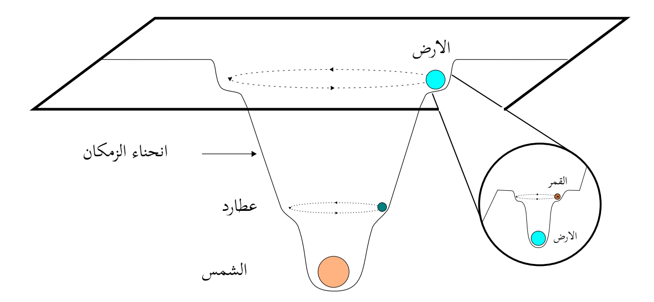
$$=31557533.15s$$

النتيجة: السنة بعد تمددها تصبح $31557533.15s$ أي زادت بمقدار $66.8s$ ويساوي دقيقة أرضية تقريبا.

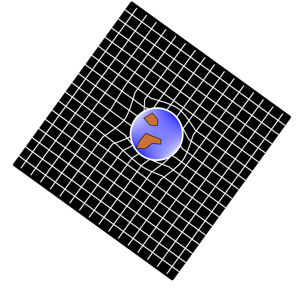
تصور اينشتاين للكون

لتبسيط تصور أينشتاين للكون لنتخيل فقاعة صابون أو بالون، ولنرسم نقطتين متجاورتين على سطح البالون، ثم نبدأ بالنفخ، سنلاحظ أنه كلما تمدد البالون أكثر زادت المسافات بين أي نقاط مرسومة على سطحه، أينشتاين يرى أن الكون شكل كروي مجوف وكل المجرات متوضعة على سطحه الخارجي، لكن هذا الكون لا يحتوي على أي شيء داخله أو خارجه، وكل شيء متوضع على غلافه. في البداية كان آينشتاين يرى أن حجم الكون ثابت، لكن بعد أن جاء الفلكي هابل وأثبت أن الكون يتوسع ويتمدد إضطر أينشتاين لتعديل تصوره، فقام بإضافة ثابت تمدد الكون، أي أن الكون يتمدد بمعدل معين حدده أينشتيان، لكن بعد وفاة أينشتاين وجد العلماء أن هذا الثابت غير دقيق.

انحناء الكون



شكل 20.12: انحناء الزمكان بتأثير كتلة الشمس

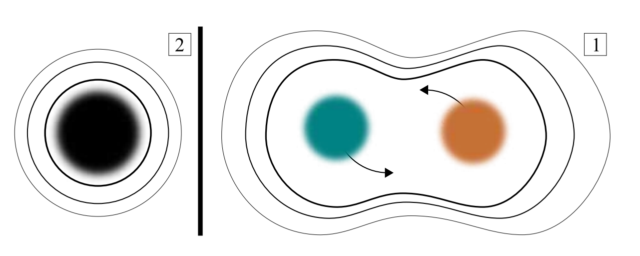


شكل 20.13: انحناء الزمكان

ويرى أينشتاين في نظريته النسبية العامة أن حركة الكواكب في مدارات دائرية مثل كواكب المجموعة الشمسية ناتجة عن انحناء الزمكان، فالأرض مثلا تتحرك في مدار حول الشمس لأنها واقعة في حفرة الزمكان التي سببتها كتلة الشمس الكبيرة، وليس بسبب جاذبية الشمس، والقمر يدور حول الأرض لأنه واقع في حفرة الزمكان التي تسببها كتلة الأرض.

موجات الجاذبية

حين يقترب نجم كبير من نجم آخر فإنهما يبدآن بالإقتراب الدوراني من بعضهما، ويستمران بالدوران حول بعضهما والاقتراب إلى أن يندمجا معا، وتوقع أينشتاين صدور موجات سماها موجات الجاذبية تنتج عن دورانهما العنيف حول بعضهما قبل الاندماج، ولم يتم رصد الموجات إلا في عام 2015م ، وحصل الفريق الذي رصدها على جائزة نوبل.



شكل 20.14: موجات الجاذبية

20.1 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1-مركبة فضائية طولها في حالة السكون $L_0=35m$ وكتلتها $m_0=5000kg$، احسب طولها ثم كتلتها عندما تسير بسرعة $v=2.7\times10^8 m/s$؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_0=35m$ ، $m_0=5000Kg$ ، $v=2.7\times10^8 m/s$

التطبيق:

$$L=L_o.\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$
$$=35\times\sqrt{1-\frac{(2.7\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}$$
$$=15.2561m$$
$$m=\frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$
$$m=\frac{5000}{\sqrt{1-\frac{(2.7\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}}$$
$$=11470.7867Kg$$

2- احسب طاقة الكتلة الساكنة للالكترون، حيث كتلة الالكترون $m_0=9.1\times10^{-31}kg$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_0=9.1\times10^{-31}kg$

التطبيق:

$$E=mc^2$$
$$=9.1\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2$$
$$=8.19\times10^{-14}J$$

3- ما هي وحدة الكتلة النسبية ؟

ا) kg ✓ ج) m

ب) N/m د) N

4- سرعة الضوء في الفراغ، بمرور الوقت ؟

ا) تزيد ج) تبقى ثابته ✓

ب) تقل د) احيانا تقل واحيانا تزيد

5- عند السرعات الأصغر كثرا من سرعة الضوء $v<<C$نتجاهل قيمة تحويل لورنتز لصغره الشديد ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

6- تم التوصل إلى عدم وجود الأثير الذي ينتقل فيه الضوء نتيجة لتجربة مايكلسون - مور ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

7- سرعة الضوء لا تتأثر بكون المراقب ساكن أم متحرك ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

8- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى تمدد الزمن ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

9- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى زيادة الكتلة ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

10- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى زيادة الطول ؟

ا) صح ب) خطأ ✓

11- وفق تصور أينشتاين للكون، ما الذي يوجد في وسط الكون ؟

ا) نجوم ج) كواكب

ب) لا شيء ✓ د) مجرات

12- وفق النسبية العامة، الزمن على سطح المشتري أبطأ من الزمن على سطح الأرض ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

13- احسب نصف قطر شوارزشايلد للأرض ؟

الحل

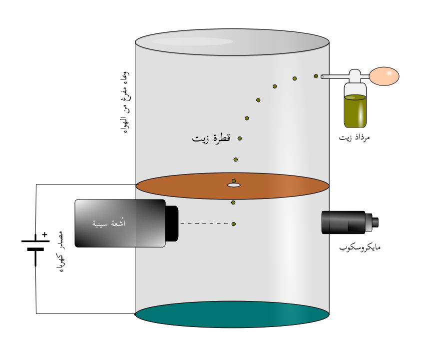
تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M=5.972\times10^{24}Kg$

التطبيق:

$$gravitational\ radius=\frac{2GM}{C^2}$$
$$=\frac{2\times6.674\times10^{-11}\times5.972\times10^{24}}{(3\times10^8)}$$
$$=0.0088m=8.8mm$$

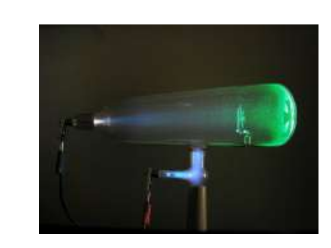
21

الفيزياء الذرية



- الكتلة الذرية
- نصف العمر النشط
- قانون الطاقة لاينشتاين

مقدمة



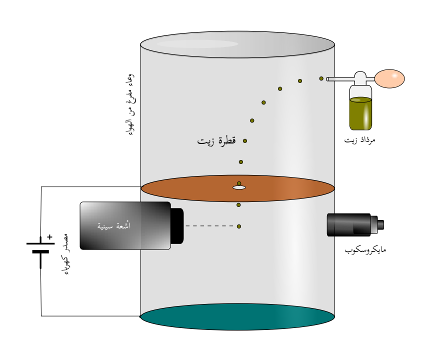
شكل 21.1: أنبوب كروكس[1]

21.1 الالكترون

الالكترون e^- أو β^- هو جسيم تحت ذري ذو شحنة سالبة .

شحنة الالكترون

تم اكتشاف الالكترون عبر سلسلة من الاكتشافات المتتالية، فقد أجرى كروكس تجربة انبوب الكاثود المفرغ، وتعرف على أثر الالكترون عند اصطدامه بالانبوب، لكنه لم يعرف أن هذا الضوء ناتج عن جسيم.

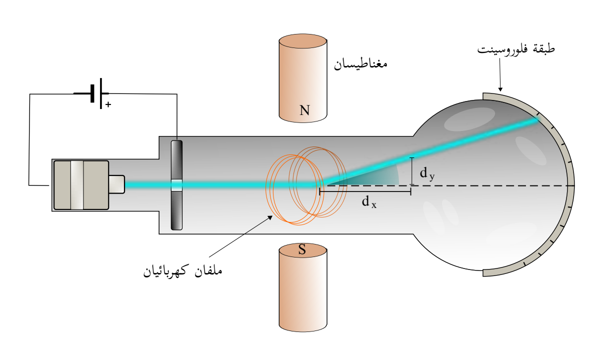


شكل 21.2: تجربة قطرة الزيت لمليكان

واستمر بحث العلماء عن ماهية هذا الضوء، إلى أن اكتشف مليكان مقدار شحنة الالكترون باستخدام التجربة الموضحة في الرسم، حيث قام باطلاق رذاذ الزيت في داخل وعاء مفرغ من الهواء، ووضع في وسط الوعاء حاجز موجب وبه ثقب صغير يسمح بنفاذ قطرة الزيت وهي تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية $F=mg$، وبمجرد نفاذ قطرة الزيت من الثقب تتعرض للأشعة السينية $x-ray$ والتي تشحنها بشحنة سالبة، عندها تصبح القطرة تحت تأثير قوة المجال الكهربائي الموجب $F=Eq$ ، وبالمساواة $Eq=mg \Rightarrow q=\frac{mg}{E}=-1.6\times10^{-19}C$.

كتلة الالكترون

اكتشف فريق من العلماء برئاسة تومسون كتلة الالكترون باستخدام تجربة عرفت باسم تجربة تومسون.



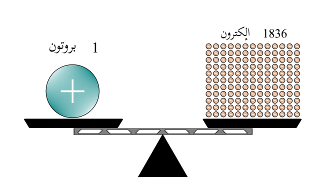
شكل 21.3: تجربة تومسون

بالمساواة بين العلاقتين $F=Eq$ و $F_B=Bqv$، استنتج أن $E\not{q}=Bv\not{q}$ ومنه $v=\frac{E}{B}$ ، وبالتعويض بها في معادلة المسافة $d_x=vt=\frac{Et}{B}$ ، ومنها الزمن يساوي $t=\frac{d_xB}{E}$.

وبالتعويض من $F=Eq$ في قانون نيوتن الثاني $a=\frac{F}{m}=\frac{Eq}{m}$ ، ومنه في معادلة الحركة الخطية:

$d_y=vt+\frac{1}{2}at^2=0+\frac{1}{2}\times\frac{Eq}{m}\times t^2$ وبالتعويض عن الزمن في هذه المعادلة:

$d_y=\frac{Eq}{2m}\times(\frac{d_xB}{E})^2 \Leftarrow \frac{q}{m}=\frac{2d_y\not{E}^{\not{2}}}{d_x^2B^2\not{E}}=\frac{2Ed_y}{d_x^2B^2}$ ، وبالتعويض فيه حصل على نسبة شحنة الالكترون إلى كتلته، فوجد أنها تساوي $1.7588196\times10^{11}C/Kg$.



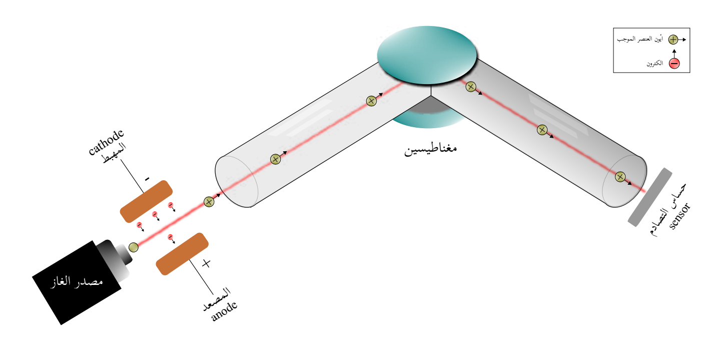
شكل 21.4: نسبة كتلة الإلكترون إلى كتلة البروتون.

وبالتعويض عن شحنة الالكترون التي حسبها مليكان نحصل على كتلة الالكترون $m=\frac{-1.6\times10^{-19}}{1.758\times10^{11}}=9.1\times10^{-31}Kg$

وقد استخدم تومسون نفس الطريقة لايجاد كتلة البروتون مع تغيير الأقطاب، بحيث جعل المصعد مكان المهبط والمهبط مكان المصعد، مع اضافة غاز الهيدروجين.

ثم قام بحساب كتل مجموعة من أنوية الغازات، وقد تم تطوير جهاز تومسون وتسميته بإسم مطياف الكتلة *spectrometry* وهو يختلف عن المطياف *spectroscopy* الذي سيمر علينا في الموضوع القادم.

مطياف الكتلة



شكل 21.5: مطياف الكتلة

فكرة عمل الجهاز يتم ضخ الغاز المطلوب إلى قناة يتقاطع معها مسار الكترونات قادمة من كاثود، وعند اصطدام الالكترونات بذرات الغاز العابرة تتاين، وتصبح موجبه، أما الكتروناتها فتذهب للأنود، وتمرر ايونات الغاز من خلال فتحة ضيقة تجبرها على السير في خط مستقيم رفيع، وبعد أن تصل الايونات إلى المغناطيس يحدث لها إنحراف حسب كتلتها، فكلما كانت كتلة الايون عالية كان انحرافه أقل، وكلما كانت كتلته صغيرة كان انحرافه أكبر، وعند وصول الايون للحساس يتعرف على درجة انحرافه وكثافة نظائره.

قانون حساب نسبة الشحنة إلى الكتلة $\frac{q}{m}$ في مطياف الكتلة

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2} \tag{21.1}$$

حيث Vفرق الجهد، B شدة المجال المغناطيسي، r نصف قطر انحراف الجسيم.

مثال 21.1.117 السؤال

احسب فرق الجهد في مطياف الكتلة حسب المعطيات التالية

الحل

تعيين المعطيات: $m_p=1.67\times10^{-27}kg$ ، $q=1.6\times10^{-19}C$ ، $B=4.1\times10^{-2}T$ ، $r=2.8\times10^{-2}m$

التطبيق:

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

$$\frac{1.6\times10^{-19}}{1.67\times10^{-27}}=\frac{2\times V}{(2.8\times10^{-2})^2\times(4.1\times10^{-2})^2}$$

$$=126.26V$$

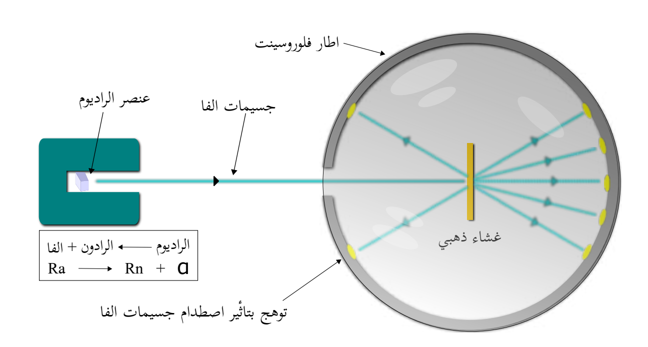
النتيجة: فرق الجهد الكهربائي المستخدم 126.26 فولت.

21.2 الذرة

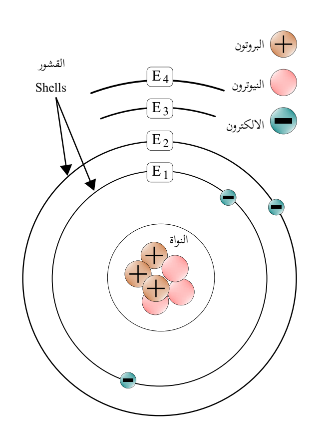
الذرة هي وحدة تركيب العناصر والمركبات، لكنها ليست أصغر جسيم مادي، فهناك الالكترون الحر والبوزترون ومضاد المادة والكثير من أنواع الجسيمات الأخرى.

تتكون الذرة من نواة والكترونات، والنواة تتكون من نيوترونات وبروتونات، وأول من اكتشف النواة وأثبت وجودها هو الفيزيائي رذرفورد بتجربته المشهورة.

21.2.1 اكتشاف النواة



شكل 21.6: تجربة رذرفورد



شكل 21.7: نموذج ذرة بور

قام رذرفورد بصنع طوق مطلي من داخله بمادة فلورسنتية، وجعل في الطوق فتحة جانبية، وفي وسط الطوق شريحة رقيقة من الذهب (لأنه عالي الكثافة)، ووضع مقابل الفتحة قطعة من الراديوم المشع، فلاحظ أن هناك عدد كبير من نقاط التوهج تظهر على الطبقة الفلورسينتية (كبريتات الزنك)، وغالبيتها تظهر في الجزء أمام شريحة الذهب، والقليل جدا يظهر خلفها، فاستنتج أن غالبية حجم الذرة فراغ لأن جسيمات الفا الصادرة عن المادة المشعة استطاعت النفاذ من خلال شريحة الذهب رغم أنها عالية الكثافة، وأن نقاط التوهج التي ظهرت على الطبقة الفلورسنتية خلف شريحة الذهب كانت بسبب اصطدامها بأنوية الذهب. وكان لتجربته هذه أثر بالغ في إعطاء تصور واضح لشكل الذرات وبنيتها الداخلية.

21.2.2 نموذج ذرة بور

وضع بور تصورا لذرة الهيدروجين مبني على عدد من النقاط:

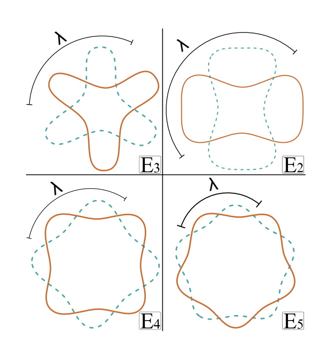
1) أن الذرة تحتوي على نواة مركزية موجبة الشحنة.

2) أن الالكترونات السالبة توجد في أغلفة قشرية كروية تحيط بالنواة، ولكل قشرة مستوى طاقة خاص بها، ولا يشّع الالكترون طالما لم ينتقل من قشرته (مداره).

3) أن الذرة متعادلة الشحنة، أي شحنة النواة الموجبة تساوي شحنة الالكترونات السالبة.

ثم أضيف لها بعض الافتراضات:

- أن الإلكترون إذا انتقل من مستوى أعلى E_2 إلى مستوى أقل E_1 فإنه يفقد جزء من طاقته على شكل فوتون (اشعاع)، طاقته تساوي الفرق بين طاقة المستويين $E = E_2 - E_1 = h\nu$.
- أننا نستطيع تطبيق قوانين الميكانيكا لنيوتن والقوى الكهربائية لكولوم، على مجال الذرة.
- أن حساب نصف قطر المدار ممكن باعتبار الطول الموجي للموجة (الموقوفة) المصاحبة $n\lambda = 2\pi r$ ، حيث $n = 1,2,3,..$ ، وهو فرضية دي برولي.



انبعاث الضوء في ذرة بور

عند إثارة الكترون الهيدروجين يصعد من المستوى $n = 1$ إلى أحد المستويات الأعلى، حسب طاقة الإثارة التي اكتسبها، ويستقر به لمدة $10^{-8}s$ ، ثم ينزل إلى أحد المستويات الأدني. إن مستويات الطاقة المحيطة بالنواة غير متساوية في الطاقة، ولهذا تختلف طاقة الفوتون المنبعث باختلاف المستوى الذي نزل منه، والمستوى الذي نزل إليه الالكترون، حيث طاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

كيف نحسب طاقة المستوى ؟

يمكن حساب طاقة المدار أو المستوى بالقانون:

$$E_n = -\frac{hcR_\infty Z^2}{n^2} \quad (21.2)$$

حيث h ثابت بلانك، c سرعة الضوء، R_∞ ثابت رايدنبرج، Z العدد الذري، n عدد الكم الرئيسي، k ثابت كولوم، m كتلة الالكترون،

q شحنة الالكترون.

مثال 21.2.118 السؤال

احسب طاقة المستوى الأول $n=1$ في ذرة الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=6.626\times10^{-34}$ ، $n=1$ ، $k=9\times10^{9}$ ، $R_\infty=1.097\times10^{7}m^{-1}$

التطبيق:

$$E_n=-\frac{hcR_\infty Z^2}{n^2}$$

$$=\frac{-6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}\times1.097\times10^{7}\times1^{2}}{1^{2}}$$

$$=-2.18\times10^{-18}J=\frac{-2.18\times10^{-18}}{1.6\times10^{-19}}$$

$$=-13.6eV$$

النتيجة: طاقة المستوى الأول في ذرة الهيدروجين تساوي -13.6 الكترون فولت.

ولذرة الهيدروجين

$$E_n=\frac{-E_1}{n^2}=\frac{-13.6eV}{n^2} \quad (21.3)$$

حيث n عدد الكم الرئيسي، $-13.6eV$ تسمى طاقة رايدنبرج.

مثال 21.2.119 السؤال

احسب طاقة الكترون ذرة الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $E_1=13.6eV$ ، $n=1$

التطبيق:

$$E_n=\frac{E_1}{n^2}$$

$$=\frac{-13.6}{1^2}$$

$$=-13.6eV$$

النتيجة: طاقة الكترون ذرة الهيدروجين تساوي 13.6 الكترون فولت.

حساب نصف قطر المدار بالقانون

$$r_n=\frac{h^2n^2}{4\pi^2kmq^2} \quad (21.4)$$

حيث r نصف قطر المدار، h ثابت بلانك، m الكتلة، q الشحنة، n عدد الكم الرئيسي، k ثابت كولوم

مثال 21.2.120 السؤال

احسب نصف قطر المدار الأول $n=1$ في ذرة الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=6.626\times10^{-34}$ ، $n=1$ ، $k=9\times10^{9}$ ، $m=9.11\times10^{-31}$، $q=1.6\times10^{-19}$

التطبيق:

$$r_n=\frac{h^2n^2}{4\pi^2kmq^2}$$

$$=\frac{6.626\times10^{-34}\times1^{1}}{4\times\pi^{2}\times9\times10^{9}\times9.11\times10^{31}\times(1.6\times10^{-19})^{2}}$$

$$=5.3\times10^{-11}m$$

النتيجة: نصف قطر المدار الاول في ذرة الهيدروجين يساوي 5.3×10^{-11} متر.

ويجب ملاحظة ان فرق الطاقة بين مستويات الالكترونات يجب أن يكون موجب عند الانتقال من مستوى إلى مستوى أعلى، وسالب عند الانتقال إلى مستوى أدني، كما يجب أن تكون القيم مكمة.

مثال 21.2.121 السؤال

احسب الطاقة اللازمة لانتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من المستوى 1 إلى المستوى 3؟ ثم احسب التردد والطول الموجي للفوتون الذي سبب هذا الانتقال ؟

الحل

تعيين المعطيات: $n=1$ ، $E_1=13.6eV$

التطبيق:

$$E_n=\frac{E_1}{n^2}$$

$$E_1=\frac{-13.6}{1^2}$$

$$=-13.6eV$$

$$E_3=\frac{-13.6}{3^2}$$

$$=-1.51eV$$

$$\Delta E=E_3-E_1=-1.51-(-13.6)$$

$$=12.08eV$$

$$E=h\nu$$

$$\nu=\frac{12.08\times1.6\times10^{-19}}{6.626\times10^{-34}}$$

$$=2.916\times10^{15}Hz$$

$$\lambda=\frac{c}{\nu}$$

$$\nu=\frac{3\times10^8}{2.916\times10^{15}}$$

$$=1.028\times10^{-7}m$$

النتيجة: الطاقة اللازمة لانتقال الالكترون $12.08eV$ والتردد 2.916×10^{15} هيرتز، والطول الموجي $1.028\times10^{-7}m$.

الطاقة	n
$-13.6eV$	1
$-3.39eV$	2
$-1.51eV$	3
$-0.85eV$	4

جدول 21.1: طاقة مستويات الهيدروجين

وحيث أن طاقة الفوتون الصادر $E=h\nu$ ، فإن التغير في طاقة الفوتون يسبب بالضرورة تغير في تردده ν وطوله الموجي λ ، ولهذا وجد العلماء أن هناك 5 مجموعات من الاطياف (الفوتونات) تصدر من ذرة الهيدروجين المثارة:

1) مجموعة ليمان: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الالكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=1$ ، وهي أشعة فوق بنفسجية أو أعلى في تردد، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2})$.

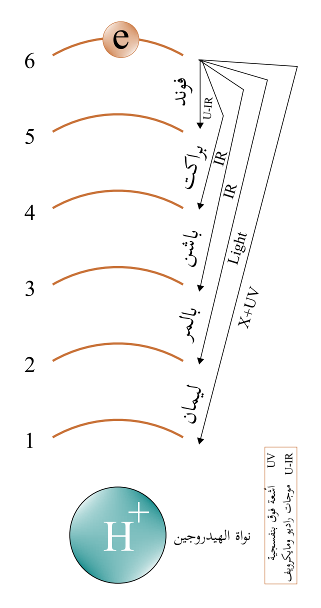
2) مجموعة بالمر: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الالكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=2$ ، وهي أشعة طيف مرئي، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2})$.

3) مجموعة باشن: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الالكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=3$ ، وهي أشعة تحت حمراء، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2})$.

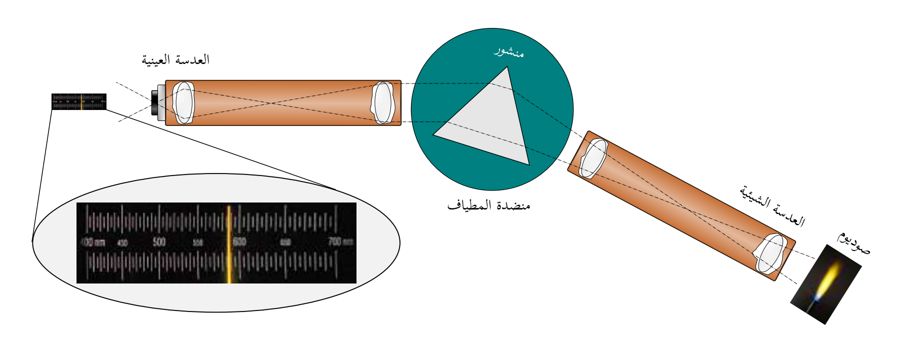
4) مجموعة براكت: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الالكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=4$ ، وهي أشعة تحت حمراء، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2})$.

5) مجموعة فوند: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الالكترون من مستوى أعلى إلى المستوى $n=5$ ، وهي موجات أقل في التردد من الاشعة تحت الحمراء، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{n^2})$.

حيث $R=1.097\times10^7m^{-1}$ ثابت رايدنبرج، و n عدد الكم الرئيسي الذي ينزل منه الإلكترون.



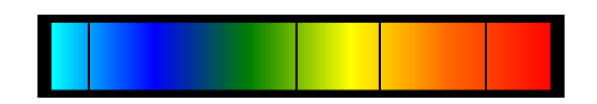
شكل 21.8: أطياف ذرة الهيدروجين الصادرة عند نزول إلكترون من المستوى السادس إلى أي مستوى أدنى.



شكل 21.9: المطياف وطيف الصوديوم

ولمشاهدة الأطياف نستخدم جهاز المطياف، حيث يعمل على تحليل الضوء إلى أطياف ضوئية، نستطيع من خلالها تعيين نوع العنصر، فلكل عنصر طيف ضوئي خاص به، ويشبه البصمة لدى الانسان.

خطوط فراونهوفر



شكل 21.10: خطوط فراونهوفر - الخطوط السوداء

هي خطوط امتصاص رنيني تظهر في طيف الشمس.[1]
حين نضع المنشور أمام ضوء الشمس، نشاهد الوان الطيف المعروفة، تبدأ بالأحمر وتنتهي بالبنفسجي. لكن إذا نظرنا إليها باستخدام عدسة جهاز المطياف، فإننا نلاحظ وجود خطوط سوداء مظلمة في أماكن متفرقة من الطيف، وأول من أكتشفها العالم فراونهوفر، فقام بترقيمها إلا أنه لم يفسر سبب وجودها، إلى أن جاء العالمان كيرشوف وبنسن[2]، واكتشفا أن أماكن هذه الخطوط المظلمة، تتطابق مع أماكن أطياف بعض العناصر، فاستنتجوا أن هذه العناصر موجودة في الغلاف الغازي للشمس، وهي التي قامت بامتصاص الضوء في هذه المناطق من الطيف بما يعرف بظاهرة الامتصاص الرنيني. وقد استفاد العلماء من هذه الظاهرة في معرفة العناصر الموجودة في الشمس (70 عنصر[8]) والنجوم رغم عدم ذهابهم إليها أو أخذهم لعينات منها، كما يستفاد منها في التحليل الطيفي للمواد في الصناعات المعدنية.



شكل 21.11: السحابة الالكترونية

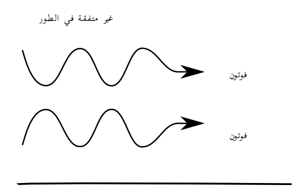
السحابة الالكترونية

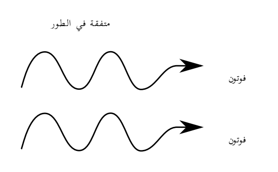
السحابة الالكترونية هي المنطقة الاكثر احتمالية لوجود الالكترون فيها.
افترض بور أن الالكترونات تسير في مدارات ثابتة سميت بالمستويات، وحدد لكل منها نصف قطر ثابت يمكن حسابه رياضيا، لكن هذه التصور يتعارض مع مبدأ هايزنبرج الذي يقول بأنه من المستحيل تحديد موقع وزخم الالكترون في اللحظة نفسها، ولهذا استعان العلماء بتصور دي برولي للطبيعة الموجية للالكترون، وافترضوا أن الالكترون يسير في مجال حركة الموجة المصاحبة للالكترون دون أن نستطيع تحديد موقعه بالضبط عند لحظة معينة، وسميت هذه المنطقة بالسحابة الالكترونية، وإذا وضعنا السحابة الالكترونية للمستوى الاول والثاني والثالث ... فإننا نحصل على النموذج الكمي للذرة، لكن الموقع الأكثر احتمالية لوجود الالكترون فيه هو نصف قطر المستوى الرئيسي الذي يوجد به.

21.3 الليزر وتطبيقاته

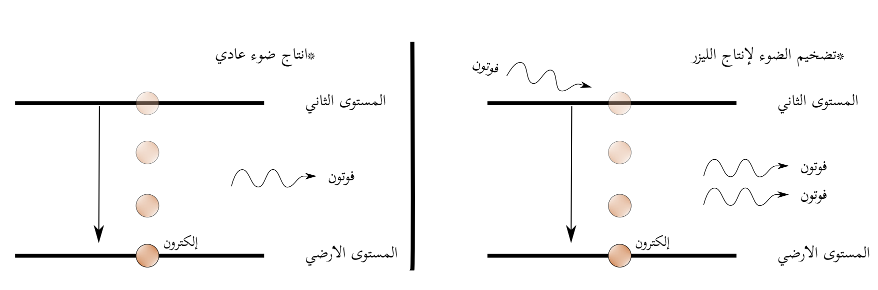


الليزر هو تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز(المستحث).
الضوء العادي الموجود في حياتنا العادية، مثل الشمس، مصباح النيون، النار، يكون على شكل فوتونات لها أطوال موجية متنوعة وغير متفقة في الطور، بينما في الليزر تكون جميع الفوتونات متساوية في التردد والطول الموجي، ومتفقة في الطور.
كيف ينتج الليزر ؟ قام اينشتاين في عام 1917 بالاشارة إلى ظاهرة الانبعاث المستحث، وتعني بشكل مبسط، أن الالكترون حين يكتسب طاقة ينتقل من مستواه الأرضي إلى المستوى الأعلى منه، ويبقى فيه لمدة $10^{-8}s$، ثم ينزل إلى مستوى أقل من المستوى الذي وصل إليه، مع فقده فرق الطاقة بين المستويين $E_2 - E_1$ على شكل فوتون واحد، وتسمى العملية إلى هذه المرحلة بالانبعاث التلقائي، لكن إذا اصطدم فوتون خارجي بالإلكترون اثناء وجوده في المستوى العلوي، فإنه يطلق عند نزوله فوتونين وليس واحد، ويتميز هذان الفوتونان بأنهما متساويان في التردد والطول الموجي ومتفقان في الطور، ولهما نفس الاتجاه، ويسمى في هذه الحالة بالانبعاث المستحث، المنتج لفوتون الليزر، لكن إذا أردنا إنتاج أشعة الليزر فإننا نحتاج إلى جعل عدد الإلكترونات المرفوعة إلى المستويات العليا أكبر من عدد الالكترونات في المستويات الدنيا ويسمى هذا الوضع بالإسكان المعكوس.





شكل 21.12: فرق الطور



شكل 21.13: الانبعاث المستحث

[1] فراونهوفر عالم بصريات الماني ت 1826م.
[2] بنسن عالم الماني ت 1899م.

تم انتاج الليزر لأول مرة في عام 1960م باستخدام موجات المايكرويف، ولهذا سمي ميزر Maser ، ثم تم تطويره واستخدم الضوء المرئي فسمي ليزر Laser ، واخيرا استخدمت اشعة جاما فسمي قيزر Gaser ، واستخدمت أيضا الاشعة تحت الحمراء وسُمّي ليزر الاشعة تحت الحمراء.

مم يتكون جهاز الليزر ؟

مكونات جهاز الليزر

جهاز الليزر يتكون من ثلاثة اجزاء رئيسية هي:

1) التجويف الرنيني ويتكون من مرآتين إحداهما عاكسيتها أقل من 100% ، حيث تسمح بنفاذ جزء من الليزر وتعكس الباقي إلى المرآة المقابلة، وتكون بشكلين:

ا) 

تجويف رنيني داخلي: ويكون بطلاء جانبي الوسط الفعّال بمادة عاكسة، فيصبحان مرآتين، مع مرآعاة أن تسمح إحداهما بنفاذ جزء من الليزر الساقط عليها، وتعكس الباقي للمرآة الأخرى.

ب) تجويف رنيني خارجي: ويكون بتثبيت مرآتين مستقلتين على جانبي الوسط الفعّال، مع مرآعاة أن تسمح إحداهما بنفاذ جزء من الليزر الساقط عليها، وتعكس الباقي للمرآة الأخرى.

2) مصدر الطاقة، وتوجد عدة مصادر طاقة لتوليد الليزر:

ا) الطاقة الكهربائية، وتستخدم إما بطريقة مباشرة في أنبوب مفرغ من الهواء وتحت جهد عال، أو عن طريق توليد موجات ترددية راديوية تؤثر على الوسط الفعّال.

ب) الطاقة الضوئية، وتكون باستخدام مصباح قوي، أو شعاع ليزر خارجي.

ج) الطاقة الكيميائية.

د) الطافةالحرارية.

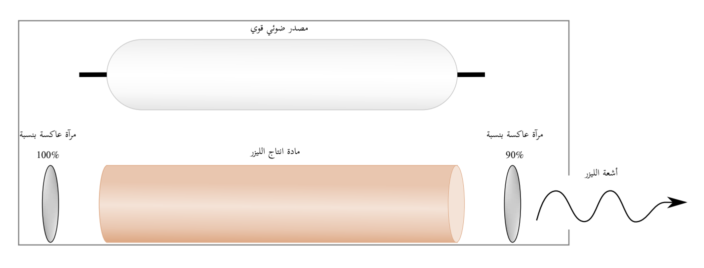
3) مادة منتجة لليزر (الوسط الفعّال):

ا) ليزر الجوامد مثل الياقوت.

ب) ليزر السوائل مثل الاسكولين.

ج) ليزر الغازات مثل الارجون والكلور.

د) ليزر أشباه الموصلات.



شكل 21.14: انتاج الليزر

طريقة عمل جهاز الليزر

يقوم المصدر الضوئي بضخ عدد ضخم من الفوتونات التي تخترق المادة الفعّالة المنتجة لليزر، فتصطدم الفوتونات بالالكترونات اثناء وجودها في المستوى العلوي كما تم شرحه في الاعلى، فينتج من كل الكترون فوتونين، تسقط الفوتونين على المرآة، فترتد ويصطدم كل واحد منهما بإلكترون منتجاً فوتونين، فيصبح المجموع 4 ، ثم تصبح 8 ، ويستمر التضاعف، مع حركة الفوتونات جيئة وذهابا بين المرآتين. يخرج جزء من الفوتونات من المرآة التي عاكسيتها 99.9% ، ويسمى الضوء الخارج بالليزر، بينما تستمر الفوتونات الباقية بالانعكاس والتضاعف.

شكل 21.15: الاسكان المعكوس في الليزر

إن كفاءة أجهزة الليزر لازالت منخفضة، حيث يفقد جزء كبير من الطاقة على شكل حرارة، فطلقة واحدة (نبضة) مثلا من مدفع ليزر لتدمير طائرة بدون طيار سعرها لا يتجاوز الآف الدولارات، تتكلف مليون دولار.

خصائص أشعة الليزر

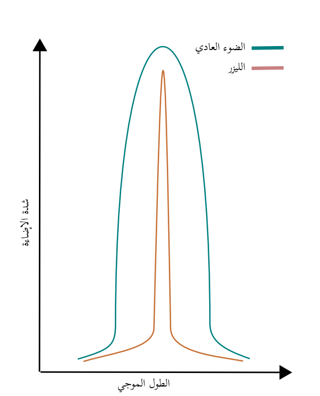
خصائص أشعة الليزر

1) أنها أحادية الطول الموجي، أي أن جميع فوتوناتها لها نفس الطول الموجي والتردد.

2) أنها مترابطة، أي تنطلق في نفس الوقت، وتحافظ على فرق الطور بينها.

3) أنها متوازية، أي أن فوتوناتها تسير في اتجاه واحد دون أن تتقاطع امتدادات مساراتها، لكن ليس للمسافات الكبيرة جدا، فحين قام العلماء الامريكيون بإرسال شعاع ليزر من القمر إلى الأرض، وجدوا أنه انتشر على دائرة قطرها $15Km$.

4) أن لها استضاءة ثابتة، نتيجة بقاء فوتوناتها متوازية.



شكل 21.16: أحادية اللون في الليزر

123456789

شكل 21.17: الباركود

أمثلة على إستخدامات الليزر

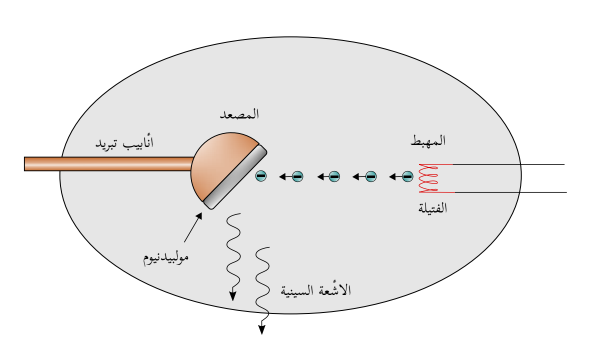
العمليات الجراحية، قاريء الاقراص،الالياف البصرية لنقل البيانات والاتصالات والتلفزيون الكيبلي، لحام وقص المعادن، عرض ثلاثي الابعاد (الهولوجرام)، بعض الطابعات المجسمة (ثلاثية الابعاد)، قاريء اسعار الباركود.

21.4 الاشعة السينية

الأشعة السنية هي موجات كهرومغناطيسية طولها الموجي في المدى $0.01–10nm$. وسميت بأشعة x لأن ماهيتها كانت مجهولة[3]، وتتميز بـ:

- طاقتها عالية، وطولها الموجي قصير.
- لها قدرة كبيرة على اختراق الاجسام.
- تؤين الغازات.
- تحيد في البلورات.

انتاج الاشعة السينية



شكل 21.18: جهاز الاشعة السينية

[3]اكتشفها الالماني رونتجن ت **1923**م.

يتكون جهاز إنتاج الاشعة السينية من أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء، يوضع في طرفه الأول فتيلة كهربائية تمثل القطب السالب وتسمى المهبط، وفي طرفها الآخر قطعة من السيراميك سطحها مغطي بالنحاس او التنجستين أو المولبيدنيوم ويسمى المصعد، وعند تشغيل الجهاز، تبدأ الالكترونات بالانقذاف من المهبط، ثم الاصطدام بسطح المصعد.

ينتج عن هذه الاصطدام نوعين من الموجات:



شكل 21.19: الاشعة السينية[11]

1) طيف مستمر: وينشأ نتيجة تباطؤ الالكترونات بتأثير الكترونات ذرات المصعد سواء بالتشتت أو الاصطدام، ولهذا تسمى باشعة الانكباح (التباطؤ)، وتكون على شكل اشعاعات متعددة الطول الموجي لأن مقدار التباطؤ يختلف من إلكترون إلى آخر، ولأنها تعتمد على إلكترونات المهبط، والتغير الذي يحصل في سرعتها، لذا لا تتأثر بنوع عنصر المصعد.

2) طيف خطي: وينشأ نتيجة إصطدام إلكترون المهبط بإلكترون قريب من النواة في ذرة المصعد، وصعوده لمستوى عال ثم نزوله مرة أخرى، أو خروجه من الذره، فيقوم الكترون بالنزول ليحل محله، (هي نفس فكرة طيف ليمان)، ويتميز هذا الطيف بأن له تردد موحد في مجال الأشعة السينية، ويتناسب هذا التردد طرديا مع العدد الذري لعنصر المصعد.

بعض استخداماتها

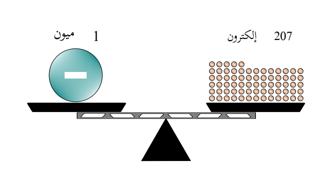
- التصوير الطبي والأمني لجسم الانسان.
- علاج الأورام السرطانية.
- كشف الشقوق والتصدعات في المعادن والاخشاب.
- فحص حقائب المسافرين في المطارات.
- دراسة بلورات الجوامد.

ضررها

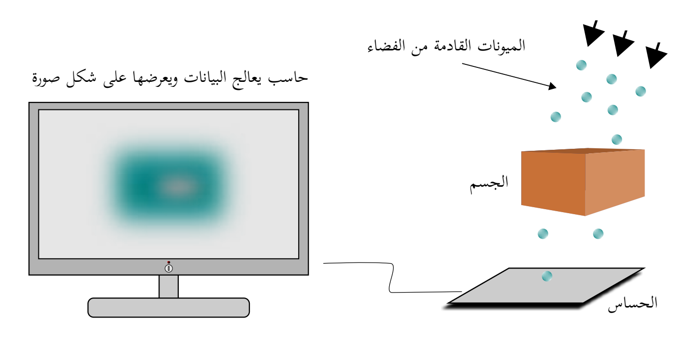
أثبتت الدراسات العلمية أن الاشعة السينية مسبب للسرطان والعقم، لذا يجب استخدامها عند الضرورة، مع اتباع إجراءات السلامة المعتمدة من الجهات الرسمية المنظمة للعمل عليها، بالنسبة للمريض والفني المشّغل للجهاز.

أشعة الميون

الميون μ هو جسيم صغير جدا كتلته تعادل 207 كتلة الالكترون وسالب الشحنة $-1.6\times10^{-19}J$ ، ويتكون الميون نتيجة لاصطدام الأشعة الكونية (في غالبها بروتونات) بذرات غازات الغلاف الجوي، ولشدة صغر الميون وسرعته العالية فإنه يستطيع العبور من كل شيء، أي تستطيع عبور أي جامد وأي سائل وأي غاز، وكل الأجسام بالنسبة له شفافة بنسبة شفافية 99% تقريبا، ومع تطور أجهزة الرصد تم إنتاج حساسات خاصة على شكل شرائح تستطيع رصد التغير في كثافة الميونات العابرة من خلال جسم ما، لكن يجب أن يكون الجسم سميك (بالأمتار)، وتكون الصورة المتكونة ضبابية كما في الرسم التوضيحي، ورغم مجانية الميونات إلا أنه يصعب استخدامها كبديل للأشعة السينية نظراً لأن العدد المتساقط منها لا يتعدى العشرات في المتر المربع خلال الثانية الواحدة.



شكل 21.20: كتلة الميون بالنسبة لكتلة الإلكترون.



شكل 21.21: اشعة الميون

21.5 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- احسب الكتلة النشطة المتبقية من $4kg$ من اليورانيوم $U-239$ بعد مرور $40min$ حيث عمر النصف له $23min$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N_0=4Kg$ ، $t=40min=2400s$ ، $T_{1/2}=1380min=1380s$

التطبيق:

$$N=N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$=4\times 2^{(\frac{-40\times 60}{23\times 60})}$$

$$=1.1982kg$$

2- كم جولا تساوي وحدة الطاقة الذرية ؟

ا) 1.6×10^{-19} ✓

ب) 6.1×10^{-19}

ج) 1.6×10^{-9}

د) 6.1×10^{-9}

3- فائدة منتخب السرعات الحصول على ؟

ا) جسيمات مشحونة لها نفس السرعة ✓

ب) اشعة غاما

ج) تيار كهربائي

د) اشعة فوق بنفسجية

4- سبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية عند اصطدامها بلوح مطلي بالزنك، أن تردد الأشعة فوق البنفسجية ...... تردد العتبة للزنك ؟

ا) $\prec$ ✓

ب) $\succ$

ج) $=$

د) $\succeq$

5- من هو مكتشف نواة الذرة ؟

ا) رذرفورد ✓

ب) واطسون

ج) بور

د) اينشتين

6- أي نوع من الاضمحلال لا يتغير فيه عدد البروتونات أو النيوترونات في النواة ؟

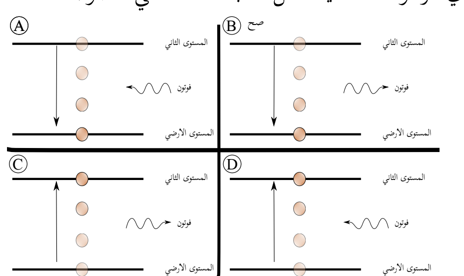
ا) غاما ✓

ب) بوزترون

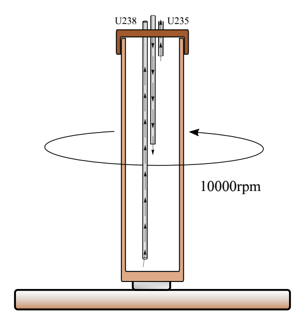
ج) الفا

د) بيتا

7- أي الرسومات التالية تمثل الانبعاث التلقائي للضوء ؟



22
المفاعلات النووية



- المواد المشعة
- تخصيب اليورانيوم
- المفاعلات الذرية

مقدمة

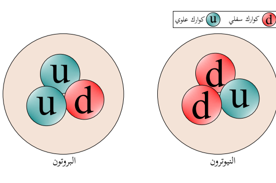
22.0.1 الذرة

قبل أن نبدأ في الحديث عن المفاعلات الذرية، يحسن بنا أن نستذكر بعض المعلومات الأساسية التي سبق وأن درسناها أو قرأناها، مثل الذرة وتركيبها.

الذرة تتكون من نواة والكترونات تدور حولها، النواة موجبة الشحنة لاحتوائها على البروتونات الموجبة ⊕، أما النيوترونات فهي متعادلة الشحنة. الإلكترونات ⊖ سالبة الشحنة وتوجد خارج النواة. البروتونات والنيوترونات متساوية تقريبا في الكتلة، بينما الإلكترونات أصغر منهما بكثير. الشحنات المختلفة تتجاذب، والشحنات المتشابهة تتنافر، البروتونات والنيوترونات تسمى نيوكلونات، النيوترون إذا خرج من النواة يفنى خلال دقائق بينما البروتون يستطيع أن يعيش مليارات السنين.

لماذا تكون البروتونات موجبة ؟

البروتونات والنيوترونات مكونة من جسيمات أصغر تسمى الكواركات، وكل بروتون أو نيوترون يحتوي 3 كواركات، لكنها مختلفة في النوع، فالبروتون مكون من 2 كوارك علوي و 1 كوارك سفلي uud ، والنيوترون مكون من 2 سفلي و 1 علوي udd، وشحنة العلوي $\frac{2}{3}$ وشحنة السفلي سالبة $-\frac{1}{3}$، فتكون الشحنة الكلية للبروتون 1 والشحنة الكلية للنيوترون صفر.



شكل 22.1: الكواركات

مثال 22.0.122 السؤال

احسب الشحنة الكلية لبروتونين وثلاث نيوترونات باستخدام شحنة الكواركات ؟

الحل

تعيين المعطيات: $Q_u=7$ ،$Q_d=8$

التطبيق:

$$Q_{Total}=7Q_u+8Q_d$$

$$=7\times\frac{2}{3}+8\times\frac{-1}{3}=\frac{14}{3}-\frac{8}{3}$$

$$=\frac{6}{3}=2$$

النتيجة: محصلة الشحنة الكلية تساوي 2 شحنة موجبة.

النواة وشحنتها

تم اكتشاف النواة عن طريق تجارب رذرفورد، كما سبق ذكره، وحيث أن النيوترونات متعادلة الشحنة فإننا نستطيع حساب شحنة النواة بضرب عدد البروتونات في الشحنة $Z\times1.6\times10^{-19}$.

العدد الكتلي

العدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات الموجودة في نواة الذرة.

$$A = nP + nN \qquad (22.1)$$

حيث nP عدد البروتونات، nN عدد النيوترونات

العدد الكتلي للهيليوم 4

شكل 22.2: العدد الكتلي يساوي مجموع البروتونات والنيوترونات.

مثال 22.0.123 السؤال

كم عدد البروتونات وعدد النيوترونات في نواة ذرة الكربون C_6^{12}؟

الحل

تعيين المعطيات: $A=12$ ،$Z=6$

التطبيق:

عدد البروتونات يساوي العدد الذري Z ويساوي 6 بروتونات

أما عدد النيوترونات

$$A=nP+nN$$

$$nN=A+nP$$

$$nN=12-6=6$$

النتيجة: عدد البروتونات 6 وعدد النيوترونات 6 .

إذا نظرنا للجدول الدوري فإننا نجد أن العدد الكتلي للكربون يساوي 12.011 وهو عدد غير صحيح (به فاصلة عشرية)، فهل يوجد داخل النواة انصاف وارباع بروتونات ؟!

البروتونات والنيوترونات تكون دائما كاملة ولا يمكن وجود ربع أو نصف أو جزء بروتون، والسبب في وجود هذه الاعداد العشرية على يمين العدد الكتلي ان بعض العناصر لها نظائر (عنصر له نفس عدد البروتونات وعدد نيوترونات مختلف)، ولكي نعين العدد الكتلي للعنصر نقوم بحساب متوسط العدد الكتلي لجميع النظائر.

6 12.011
C
Carbon

شكل 22.3: الكربون

رموز العناصر

كل عنصر له رمز مكون من حرف أو حرفين للدلالة عليه، ولا توجد قاعدة عامة لاشتقاق الاسم، فبعض العناصر مشتقة من اسماء اشخاص وبعضها من اسماء بلدان وبعضها من اسم العنصر المعروف به، وتحتوي رموز العناصر على ثلاث معلومات على الأقل ، رمز العنصر وعدده الذري والعدد الكتلي.

$$C_{\text{العدد الذري}}^{\text{العدد الكتلي}}=C_Z^A=C_6^{12.011}$$

وحدات الكتلة الذرية

وحدة الطاقة الذرية

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19}J \qquad (22.2)$$

وحدة الكتلة الذرية

$$1u = 1.66 \times 10^{-27}kg \equiv 931.494MeV \qquad (22.3)$$

طاقة وحدة الكتلة الذرية

$$E=mc^2$$
$$=1.66\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2$$
$$=1.494\times10^{-10}J/1.6\times10^{-19}$$
$$\simeq931.494MeV$$

ولحساب كتلة النواة نضرب عدد الكتلة في وحدة الكتلة الذرية

$$m_{\text{النواة}} = A \times u \qquad (22.4)$$

حيث A عدد الكتلة

مثال 22.0.124 السؤال

احسب كتلة نواة ذرة الكربون C_6^{12}؟

الحل

تعيين المعطيات: $A=12$

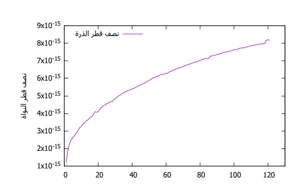
التطبيق:

$$m_{\text{النواة}}=A\times u$$
$$=12\times1.66\times10^{-27}$$
$$=1.992\times10^{-26}Kg$$

النتيجة: كتلة نواة ذرة الكربون تساوي 1.992×10^{-26} كيلو جرام.

كتلة جسيم الفا (2برتون+2نيوترون) $4.00153u$

حجم النواة



شكل 22.4: نصف قطر النواة

$$r = r_0A^{\frac{1}{3}} \qquad (22.5)$$

حيث r نصف قطر النواة، r_0 ثابت يساوي $1.2\times10^{-15}m=1.2fm$ ، A العدد الكتلي.

مثال 22.0.125 السؤال

احسب نصف قطر ذرة الكربون C_6^{12}؟ [12]

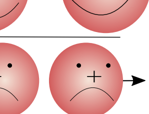
الحل

تعيين المعطيات: $r_0=1.2\times10^{-15}$ ، $A=12$

التطبيق:

$$r=r_0A^{\frac{1}{3}}$$
$$=1.2\times10^{-15}\times\sqrt[3]{12}$$
$$=2.747\times10^{-15}m$$

النتيجة: نصف قطر ذرة الكربون يساوي 2.747×10^{-15} متر.

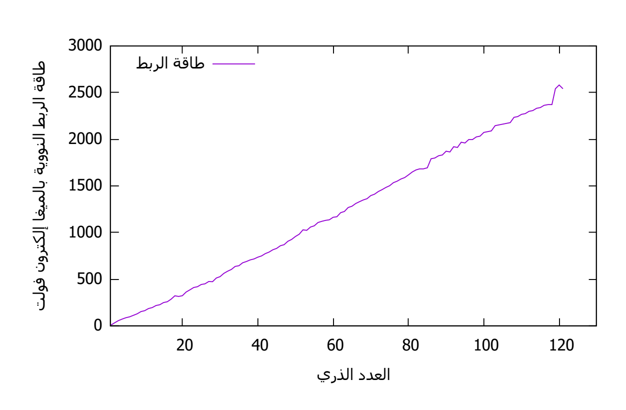


شكل 22.5: الشحنات

لكن ما الذي يجعل البروتونات متجاورة داخل النواة رغم أنها متنافرة، فجميع البروتونات موجبة ومتشابهة في الشحنة؟!

القوة النووية القوية

وجد العلماء أن كتلة النيوكلونات داخل النواة لا تساوي كتلة النواة، وعندما بحث العلماء عن السبب، وجدوا أن هناك روابط بين البروتونات وبعضها، والنيوترونات وبعضها، وبين البروتونات والنيوترونات، وأن هذه الروابط عبارة عن طاقة ربط لها كتلة، وتسمى القوة النووية القوية. وتتغلب هذه القوة على قوة التنافر بينهم، ورغم كبرها إلا أن تأثيرها لا يتعدى $1.4\times10^{-15}m$ ، ويمكن حسابها بالقانون:



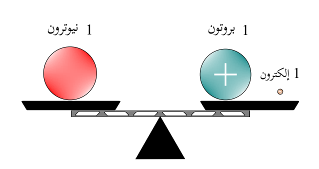
شكل 22.6: طاقة الربط النووية

$$B_E = [M_x - (Zm_p + Nm_n)] \times 931 \qquad (22.6)$$

حيث B طاقة الربط، Z عدد البروتونات، N عدد النيوترونات، m_p و m_n كتلتي البروتون والنيترون، M_x العدد الكتلي، ووحدة الطاقة الالكترون فولت.

	الرمز	الكتلة بالكيلوجرام	الكتلة بوحدة الكتلة الذرية	الشحنة
البروتون	p	$1.672621637\times10^{-27}kg$	$1.007825U$	$1.602176487\times10^{-19}C$
النيوترون	n	$1.67492729\times10^{-27}kg$	$1.008665U$	0

جدول 22.1: النيوكلونات



شكل 22.7: نسبة كتلة النيوترون إلى كتلة البروتون وكتلة الإلكترون.

مثال 22.0.126 السؤال

احسب طاقة الربط داخل ذرة الكربون C_6^{12}؟

الحل

تعيين المعطيات: $Z=6$ ، $M_x=A=12.011$

التطبيق:

$$B_E=[M_x-(Zm_p+Nm_n)]\times931$$

$$=[12.011-(6\times1.007825+6\times1.008665)]\times931$$

$$=[12.011-12.09894]\times931$$

$$=-81.872Mev$$

النتيجة: طاقة الربط داخل ذرة الكربون -81.872 ميغا الكترون فولت، مع اهمال طاقة الربط بين البروتونات والالكترونات لضآلتها.

عند كسر قوة الربط النووية بين النيوكلونات[1]، تخرج طاقة ضخمة نشاهدها في الانفجارات النووية، وهذه الطاقة هي الكنز الذي تبنى من أجله المفاعلات الذرية. لكن كيف نكسر هذه الروابط وهي قوية جداً؟!، في الحقيقة أن علماء الفيزياء يستعينون بقوة التنافر بين البروتونات نفسها، فهذا التنافر يزداد بزيادة عدد البروتونات (العدد الذري) داخل النواة. وعندما يصل العدد إلى مقدار معين، يصبح التنافر شديدا إلى درجة أن النيوكلونات تبدأ بالتفلت من النواة، وتسمى المادة في هذه الحالة بالعنصر المشع، مثل اليورانيوم والبلوتونيوم. إن إنفلات النيوكلونات من النواة في العناصر المشعة يكون بمعدل ثابت، حسب قانون عمر النصف، إن معدل التحلل قد يكون سريعا في بعض العناصر (أجزاء من الثانية) وبعضها بطيء جداً (ملايين السنين) ، وفي كل الأحوال يؤدي تغير عدد البروتونات داخل النواة سواء بالنقص أو الزيادة لتحول النواة لعنصر جديد.

⋆ طرفة علمية

عنصر الحديد له واحدة من أقوى قوى الربط النووية في الطبيعة وتساوي $430MeV$.

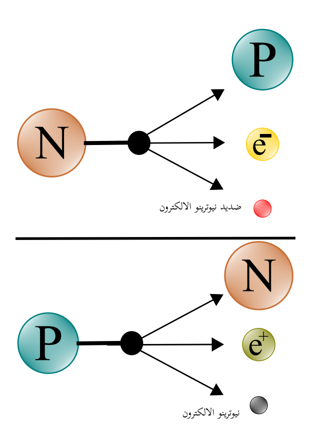
[1] النيوكلون هو البروتون أو النيوترون.

التحلل الاشعاعي للعناصر

كما سبق ذكره، أن القوة النووية القوية تربط بين الجسيمات داخل النواة فتمنعها من الخروج، لكن إذا وصل التنافر لدرجة معينة أو إلى نقطة تتغلب فيها قوة التنافر على القوة النووية القوية، عندها تبدأ جسيمات النواة بالتفلت، وتسمى هذه العملية بالتحلل أو الاضمحلال الاشعاعي، وتستمر عملية التحلل إلى أن ينتج عنصر مستقر تتغلب فيه القوة النووية القوية على قوة التنافر، وقد تم التنبه لهذه العملية في تسعينات القرن التاسع عشر على يد عدد من العلماء أشهرهم بيكرل ورذرفورد. وتوصل رذرفورد إلى وجود ثلاثة أنواع من الاشعة الناتجة عن الذرة:

1) أشعة الفا α : هي ذرة هيليوم H_2^4 ، ويمكن ايقافها باستخدام قطعة من الورق نظرا لحجمها الكبير، وسرعتها $3\times10^7 m/s$.

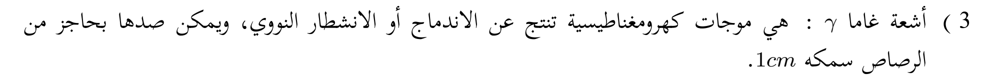
2) أشعة بيتا β : هي جسيم مساوي لكتلة الالكترون، ويمكن صدها برقاقة من الالمونيوم. وهي نوعان:



شكل 22.8: أشعة بيتا

ا) بيتا سالب β^- أو e^- : ويسمى الكترون، وينتج عن تحلل نيوترون ليصدر برتون + الكترون سالب+ ضديد نيوترينو الالكترون[2]، وفي هذه الحالة يتحول العنصر إلى العنصر التالي له في الجدول الدوري $n_0^1 \to p_1^1 + e^- + \overline{\nu}_e$.

ب) بيتا موجب β^+ أو e^+ : ويسمى بوزترون، وينتج عن تحول بروتون ليصدر نيوترون + بوزترون موجب+ نيوترينو الالكترون، وفي هذه الحالة يتحول العنصر إلى العنصر السابق له في الجدول الدوري $energy + p_1^1 \to n_0^1 + e^+ + \nu_e$.



3) أشعة غاما γ : هي موجات كهرومغناطيسية تنتج عن الاندماج أو الانشطار النووي، ويمكن صدها بحاجز من الرصاص سمكه $1cm$.

إن التغيرات التي تحصل في النواة بتأثير قوى داخلية أو خارجية يعبر عنها عادة بمعادلات تشبه معادلات التفاعل الكيميائي، أي طرف ايسر وايمن وبينهما إشارة «يؤدي إلى» المعروفة بهذا الرمز $\to$، فإذا قلنا مثلا $Rn_{86}^{222} \to Po_{84}^{218} + He_2^4$ فهذا يعني أن الرادون عند تحلله ينتج ذرة بولونيوم وجسيم الفا.

مثال 22.0.127 السؤال

أكمل المعادلات التالية مستعينا بالجدول الدوري في نهاية الكتاب؟

الحل

تعيين المعطيات: $Na_{11}^{23} \to ? + e^+$ ، $Np_{93}^{239} \to ? + e^-$

التطبيق: المعادلة الأولى تقول بأنه نتج الكترون موجب (بوزترون) وهذا يعني فقد بروتون وبالتالي سيتحول الصوديوم إلى العنصر السابق له في الجدول الدوري وهو النيون

$$Na_{11}^{23} \to Ne_{10}^{23} + e^+$$

أما المعادلة الثانية تقول بأنه نتج الكترون سالب وهذا يعني أنه فقد نيوترون ونتج بروتون، وبالتالي سيتحول النبتونيوم للعنصر التالي له في الجدول الدوري وهو البلوتونيوم

$$Np_{93}^{239} \to Pu_{94}^{239} + e^-$$

النتيجة: في المعادلة الأولى ينتج نظير النيون Ne_{10}^{23} وفي المعادلة الثانية ينتج نظير البلوتونيوم Pu_{94}^{239}.

22.1 معادلة رذرفورد لتناثر الجسيمات

ويستخدم لحساب جسيمات الفا المتناثرة من نواة عنصر مشع.

$$N_\theta = \frac{N_i n L Z^2 K^2 e^4}{4r^2 K E^2 sin^4(\theta/2)} \qquad (22.7)$$

22.2 معادلة عمر النصف النشط

عمر النصف هو الزمن اللازم لتحلل نصف الكمية من المادة المشعة، فمثلا إذا كان لدينا $8Kg$ من مادة مشعة عمر النصف لها يوم واحد، فإن ما يتبقى منها بعد يوم $4Kg$ وبعد يومين نصف الاربعة وهو $2Kg$ وبعد ثلاثة أيام $1Kg$ ثم $0.5Kg$ ، ثم $0,25Kg$ وهكذا إلى أن نصل للصفر.

[2] النيوترينو جسيم صغير جدا وليس له شحنة

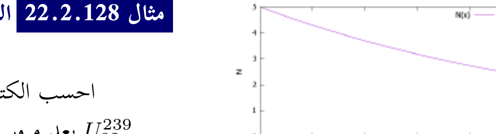
ويقاس النشاط الإشعاعي للمادة المشعة في النظام الدولي بوحدة بيكريل[3] Bq وتعرف بأنها كمية الأشعة الصادرة من مادة مشعة تتحلل فيها نواة واحدة في الثانية.

العنصر	عمر النصف	الناتج
Rn_{238}^{200}	$1s$	الفا
Y_{39}^{81}	$5min$	بوزترون
S_{16}^{35}	$87.4day$	بيتا
Th_{90}^{232}	$1.41\times 10^{10}year$	الفا

جدول 22.2: عمر النصف لبعض العناصر.[8]

$$N = N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}} = N_0 e^{\frac{-0.693t}{T_{1/2}}} \qquad (22.8)$$

حيث N الكتلة النشطة، N_0الكتلة الاصلية، $T_{1/2}$ عمر النصف النشط، t الزمن الذي مضى.



شكل 22.9: عمر النصف

مثال 22.2.128 السؤال

احسب الكتلة النشطة المتبقية من $5kg$ من اليورانيوم U_{92}^{239} بعد مرور $20min$ حيث عمر النصف له $23min$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N_0=5Kg$ ، $t=20min=1200s$ ، $T_{1/2}=23min=1380s$

التطبيق:

$$N=N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$=5\times 2^{(\frac{-20\times 60}{23\times 60})}$$

$$=2.7366kg$$

النتيجة: الكتلة النشطة المتبقية تساوي 2.7366 كيلوجرام.

قانون الطاقة لاينشتاين

وهو قانون ينص على أن المادة يمكن أن تتحول لطاقة، كما وتتفق مع دي برولي في أن الطاقة يمكن أن تتحول لمادة.

$$E = mc^2 \qquad (22.9)$$

حيث E الطاقة الناتجة، m الكتلة، c سرعة الضوء.

22.3 الطاقة النووية

يوجد نوعين من الطاقة النووية

الطاقة الانشطارية هي عملية انقسام لنواة المادة المشعة وانتاج ذرة جديدة أو أكثر بالاضافة إلى كمية من الطاقة تساوي الفرق بين كتلة المادة المنشطرة وكتلة المواد الناتجة.

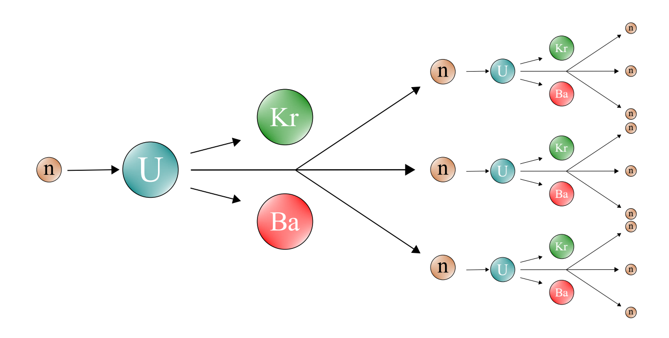
الطاقة الأندماجية هي عملية اندماج لذرات مادة أو أكثر تحت تأثير طاقة خارجية كبيرة، وينتج عنها ذرة جديدة أو أكثر وطاقة كبيرة جدا.

22.3.1 الانشطار النووي

لاحظ العلماء في بداية القرن الماضي أن تسليط شعاع من النيوترونات على ذرة اليورانيوم يؤدي إلى انتاج ذرات جديدة وطاقة، فاستنتجوا أن النيوترونات تسببت في انقسام نواة اليورانيوم وإنتاج عنصر الباريوم والكريبتون وفق المعادلة:

$$n_0^1+U_{92}^{235}\to Ba_{56}^{141}+Kr_{36}^{92}+3n_0^1+7.6MeV$$

[3] تكريما للفرنسي بيكريل ت 1908م.



شكل 22.10: التفاعل المتسلسل

ويصطدم كل نيوترون خارج من الانشطار بنواة ذرة يورانيوم جديدة محدثا انشطار جديد، وهذا ما يعرف بالتفاعل المتسلسل، ولهذا توضع قضبات جرافيت أو كادميوم متحركة داخل المفاعلات لاعتراض النيوترونات عند الرغبة بخفض عدد الانشطارات، وترفع عند الرغبة بزيادتها.

22.3.2 المفاعلات النووية

هي منشأة تستخدم لانتاج الطاقة عن طريق الانشطار أو الاندماج النووي.

22.3.2.1 المواد المستخدمة في المفاعلات الذرية

الماء الثقيل D_2O هو مادة تشبه الماء العادي إلا أنها تختلف عنه في عدة أشياء:

الماء الثقيل	الماء العادي
D_2O	H_2O
يحتوي ذرتي ديتيريوم	يحتوي ذرتي هيدروجين
درجة تجمده 3 مئوي	درجة تجمده 0 مئوي
درجة غليانه 101 مئوي	درجة غليانه 100 مئوي
يتواجد في البحار والمحيطات	يتواجد في كل مكان
لا يصلح للشرب	يصلح للشرب
لا يصلح للزراعة	يصلح للزراعة

جدول 22.3: الماء الثقيل

⋆ هدف وجداني

للأسف! قتلتي هيروشيما وناجازاكي قتلت أكثر من 200 الف رجل ومرأة وطفل، وعدد غير محدد من الحيوانات.

البلوتونيوم هو عنصر يوجد كمنتج ثانوي في مفاعلات اليورانيوم، فبعد استهلاك طاقة الوقود النووي يتم استبداله بوقود جديد، وتجرى عمليات كيميائية للوقود المستهلك لاستخراج مادة البلوتونيوم، والتي تستخدم بالدرجة الأولى في صنع القنابل الذرية، لكن يستخدم أيضا كوقود لبعض المفاعلات النووية، وينتج البلوتونيوم من اليورانيوم وفق التفاعل التالي:

$$U_{92}^{238} + n_0^1 \rightarrow U_{92}^{239} - n_0^1 \rightarrow Np_{93}^{239} - n_0^1 \rightarrow Pu_{94}^{239} \qquad (22.10)$$

فيتحول اليورانيوم 238 إلى يورانيوم 239 بعد اصطدام النيوترون بنواته، ثم يحدث تحلل بيتا لنواته وتفقد نيوترون وتكتسب بروتون فيصبح عنصر النيوبيوم، ثم يحدث تحلل بيتا فيتحول النيوبيوم إلى بلوتونيوم.

الثوريوم عنصر الثوريوم المشع Th_{90}^{232} يتميز بوفرته فهو العنصر العاشر من حيث الوفرة على سطح الأرض، فالكمية الموجودة منه تكفي البشر 10 الآف سنة، وكل $1cm^3$ منه تعادل 800 لتر من الديزل، ويتميز بأنه عند خلطه بالبلوتونيوم وبنفايات مفاعلات اليورانيوم يستهلكها ويحرقها، وبالتالي يعطينا طاقة كهربائية ويساعدنا على التخلص من نفايات اليورانيوم المخزنة في العالم على مدى العقود الماضية، فضلا عن أن كمية الاستهلاك السنوي فالاستهلاك السنوي للمفاعلات الموجودة الأن يساوي

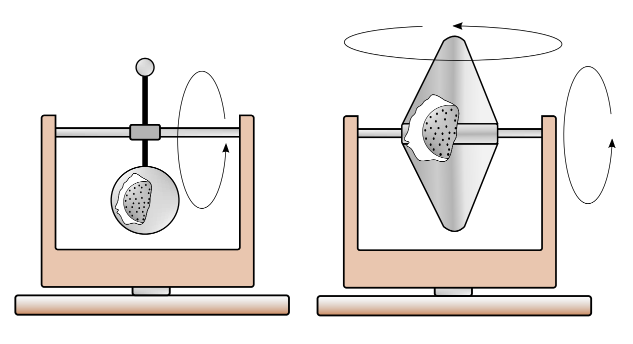
$65000 tonnes$ يورانيوم، بينما لو استبدلناه بالثوريوم سنحتاج $5000 tonnes$ فقط من الثوريوم للحصول على نفس كمية الطاقة. لكن المشكلة التي تقف بيننا وبين استخدام الثوريوم هي عدم توصل العلماء إلى طريقة عملية لاستخلاص الثوريوم بكميات وأسعار تجارية لتشغيل المفاعلات النووية، وعدم وجود نماذج حديثة وآمنة لمفاعلات الثوريوم التي تعتمد على الوقود السائل وتستخدم فلوريد الليثيوم LiF وفلوريد البريليوم BeF_2 الخطرين[5]، فقد توقف تطوير هذه المفاعلات لفترة طويلة نظراً لعدم قدرة هذه المفاعلات على انتاج القنابل النووية، وربما خلال عقدين[4] أو ثلاثة سيبدأ عصر مفاعلات الثوريوم، وتعتبر مصر رقم 23 في المخزون العالمي للثوريوم، بالاضافة للمغرب وموريتانيا، أخيرا الثوريوم موجود في حياتنا اليومية فكل جهاز مايكرويف منزلي يحتوي على $10 grams$ من حلقات الثوريوم داخل الماغنترون. [5]

اليورانيوم لقد وجد العلماء أن اليورانيوم من أفضل العناصر التي يمكن استخدامها في المفاعلات النووية، لكن من أين نحصل على اليورانيوم ؟ وكيف نستخدمه ؟

اليورانيوم U_{92}^{238} هو العنصر المشع المستخدم في غالبية المفاعلات النووية، ويتميز بأنه عنصر مشع متوفر بكميات جيدة في الطبيعة، ويوجد عادة في صخر البتشبلند(اليورانينيت)، وقد تم استخلاص اليورانيوم منه على يد العالم الالماني يوهانجورجنستات عام 1789م، ويتكون اليورانيوم بعد استخلاصه من نوعين من اليورانيوم $U238$ ونسبته 99.284% وهو نوع رديء والنوع الثاني $U235$ ونسبته 0.711% وهو النوع الممتاز لكن نسبته منخفضه جدا، ولهذا حاول العلماء فرز النوعين واستخراج النوع الممتاز $U235$ ، إلا أن المشكلة التي واجهتهم هي تشابه الإثنين في اللون والشكل، والتفاعلات الكيميائية، ولهذا كان الفصل الكيميائي مستحيل، لذا لجأوا للطرق الفيزيائية، ولم ينجحوا في فرزهما تماما، وإنما استطاعوا تقليل نسبة اليورانيوم الرديء، ورفع نسبة اليورانيوم الممتاز، ولهذا سموا العملية بالتخصيب وليس الفرز.

22.3.2.2 تخصيب اليورانيوم

طرق تخصيب اليورانيوم (الفرز) من الأقدم للأحدث:

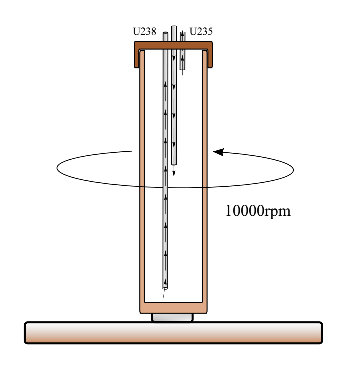


شكل 22.11: التخصيب بالانتشار

1- طريقة الانتشار: هي الطريقة الأقدم وتعمل على فكرة تطبيق قانون جراهام، ونجحت هذه الطريقة لكن ليس بنسبة عالية. قانون جراهام ينص على أن معدل تدفق الغازات يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغازات $\frac{R_1}{R_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ ، أي أننا إذا بخرنا سداسي فلوريد اليورانيوم عند درجة $56.54°c$، ومررنا الغاز من خلال جدار مسامي فإن تدفق الغاز U_{235}(ذو الكتلة المولية الأصغر $235.0439g$) أكبر من تدفق اليورانيوم الأخر (ذو الكتلة المولية الأكبر $238.0289g$)، فإذا جمعنا الغاز الخارج من المسامات وكثفناه، فإننا نحصل على يورانيوم يحتوي على $U235$ بتركيز أعلى، وإذا كررنا العملية مرات ومرات، سنجعل تركيز اليورانيوم $U235$ يصل إلى الحد اللازم لتشغيل المفاعل النووي.

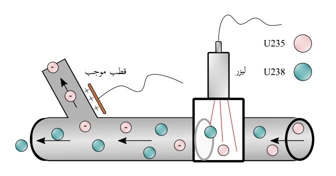
[4] العقد عشر سنوات، والقرن مئة سنة.

[5] الماغنترون هو القطعة التي تصدرالموجات في جهاز المايكرويف.



شكل 22.12: التخصيب بالطرد المركزي

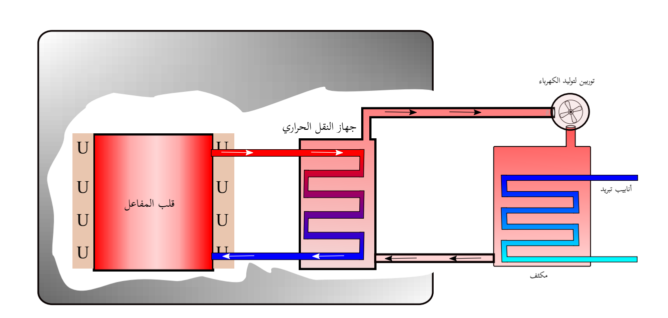
2- طريقة الطرد المركزي: وهي طريقة تعتمد على الكثافة، فحين نضع الزيت والماء معا في إناء، يطفو الزيت على الماء، لأن كثافة الزيت أقل من كثافة الماء. يتم تمرير غاز سداسي فلوريد اليورانيوم إلى اسطوانة عمودية تدور حول محورها بسرعة بين $10000-20000r/min$ ، فينفصل اليورانيوم U_{235} ويصعد لأعلى الاسطوانه لأنه الاخف، ويخرج من أنبوب في أعلى الاسطوانة، وينزل اليورانيوم U_{238} لأنه الأثقل ويخرج من أنبوب في اسفل الاسطوانة. لكن لأن نسبة اليورانيوم U_{235} منخفضة جدا، يخرج معه بعض من اليورارنيوم U_{238} ، ولهذا يمرر الغاز الخارج من الانبوب العلوي إلى جهاز آخر للتخلص من اليورانيوم U_{238} ثم جهاز ثالث ورابع، وقد يصل الصف الواحد إلى 100 جهاز طرد مركزي، إلى أن تصل نسبة اليوارنيوم $U235$ للحد المطلوب.



شكل 22.13: التخصيب بالتأين بالليزر

3- طريقة التأين بالليزر: وتقوم فكرة هذه الطريقة على أن الأيونات السالبة أو الموجبة تنجذب للأقطاب الكهربائية المخالفة لها في الشحنة، فيتم تسليط شعاع ليزر بتردد معين على بخار خليط اليورانيوم، بحيث يؤدي هذا التردد إلى تأين أحد نوعي اليورانيوم، ثم يوضع أنبوب جانبي متفرع من الأنبوب الرئيسي، ويوضع خارج الأنبوب الفرعي قطب كهربائي مخالف لشحنة أيون اليورانيوم، وهذا سيجعل النوع المتأين يندفع إلى الأنبوب الفرعي، بينما يستمر النوع الأخر في الأنبوب الرئيسي، وبهذا يفصل النوعين عن بعضهما، وهي أدق وأحدث طريقة لكن لا توجد عنها معلومات تفصيلية منشورة.

بعد تخصيب اليورانيوم برفع نسبة اليورانيوم $U235$ في الخليط من 0.7% إلى 4% على الأقل للمفاعلات الذرية و 15% على الأقل للقنابل الذرية، يتم تشكيل اليورانيوم على شكل اسطوانات صغيرة ، وتختلف كتلة اليورانيوم اللازمة للمفاعل بإختلاف حجمه ونسبة التخصيب، فكلما زادت نسبة التخصيب قلت الكتلة المطلوبة، فعلى سبيل المثال الكتلة الحرجة للقنبلة النووية التي تحتوي يورانيوم بتخصيب 15% هي $600kg$ بينما نسبة التخصيب 95% تخفض الكتلة الحرجة إلى $20kg$ تقريبا.



شكل 22.14: المحطة النووي

22.3.2.3 المحطة النووية

محطة الطاقة النووية تتكون من مفاعل نووي أو أكثر، ويتم توليد الكهرباء فيها باستخدام الحرارة الناتجة من المادة المشعة داخل المفاعل، وفي الغالب تستخدم مادة اليورانيوم، تتكون المحطة النووية عادة من جزءين رئيسيين:

1- المفاعل النووي

وهو المبنى الذي يحتوي:

قلب المفاعل

وهو خزان يحتوي على مادة ناقلة للحرارة، مثل الماء الثقيل، أو الصوديوم أو .. ، وتوضع المادة المشعة في المفاعل على شكل أنابيب معدنية مصنوعة من مادة الزركونيوم[6]، ويملأ كل أنبوب باليورانيوم، ثم تدخل الأنابيب في قلب المفاعل، المفاعلات المتوسطة تحتوي 30 - 100 طن يورانيوم، وتستبدل خلال سنتين تقريبا، وهذا يتوقف على مستوى تخصيب اليورانيوم المستخدم، وعلى كثافة تشغيل المفاعل.

جهاز النقل الحراري

وهو جهاز مكون من خزان تخترقه انابيب تنقل سائل قلب المفاعل في حركة ترديه، وتقوم هذه الأنابيب بتسخين المادة الموجودة في خزان النقل الحراري دون أن تلامسها (لمنع الاشعاع)، ثم يدفع السائل الساخن في الخزان إلى محطة توليد الكهرباء. وفائدة جهاز النقل الحراري هي نقل الحرارة من قلب المفاعل إلى محطة توليد الكهرباء بدون إشعاع.

2- محطة توليد الكهرباء

وتتكون من خزان ماء تخترقه انابيب تحتوي على مادة ساخنة جدا، قادمة من المفاعل، وتعود إليه في حركة مستمرة، لجعل الماء في حالة غليان مستمر، ويخرج من هذه الخزان انبوب يحمل البخار المضغوط إلى توربين مولد الكهرباء، فتتحرك زعانفه منتجة الكهرباء.

22.3.2.4 أنواع المفاعلات الذرية

لا يوجد تقسيم واحد لأنواع المفاعلات النووية، فالبعض يقسمها حسب الغرض منها، إلى مفاعلات أبحاث ومفاعلات إنتاج الطاقة، والبعض يصنفها حسب نوع المادة المبردة، مثل مفاعل الماء العادي، ومفاعل الماء الثقيل، ومفاعل الرصاص، ومفاعل الصوديوم، كما قد تصنف حسب الحجم إلى صغيرة ومتوسطة وكبيرة.

لكن الاتجاه الآن يميل لإنتاج قلوب مفاعل مصغرة تسمى بطاريات نووية، وتأتي جاهزة من المصنع وبعضها يكون صغير وبحجم الثلاجة مثل مفاعلات الرصاص، وتعمل على مبدأ ركب شغل وافصل ادفن.

22.3.2.5 النفايات النووية

للمواد المشعة أضرار خطيرة على الكائنات الحية، من الموت، إلى تشوه الأجنة، إلى الطفرات الجينية، لهذا يتم التعامل بحذر مع النفايات النووية (اليورانيوم المستهلك)، فيتم أولا إجراء بعض العمليات الكيميائية عليه، لاستخلاص البلوتونيوم لانتاج القنابل النووية، أو إعادة استخدامه كوقود نووي في المفاعل، ثم يتم خلط اليورانيوم المستهلك بالزجاج المنصهر، وصبه في قوالب معدنية أو إسمنتيه، بعدها توضع في موقع التخزين الذي يكون عادة تحت الأرض.

القنبلة النووية

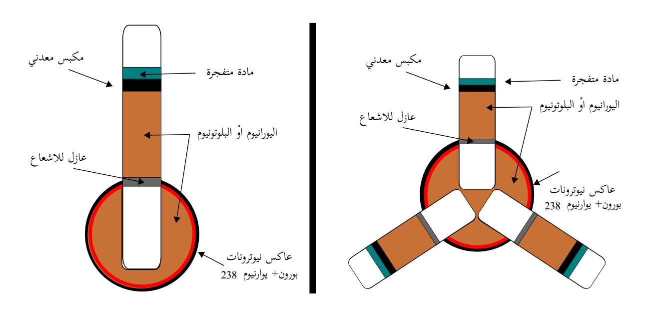
القنبلة النووية هي سلاح فتاك يعمل على انتاج طاقة كبيرة جدا وفق قانون أينشتاين $E=mC^2$ ، وقد تم بناء أول قنبلة في الولايات المتحدة الأمريكية، وفجرت في صحراء نيومكسكو. ولكي ينفجر اليورانيوم يجب أن تتوفر فيه ثلاثة شروط:

1) الكتلة الحرجة: وتعني أن كتلة اليورانيوم يجب أن لا تقل عن كتلة معينة، يختلف مقدارها باختلاف درجة التخصيب، فمثلا يكفي $20Kg$ من اليورانيوم المخصب بدرجة 95% لتفجير القنبلة، بينما نحتاج إلى $600Kg$ تقريبا إذا كان التخصيب 15% فقط. كما أن الكتلة الحرجة تختلف باختلاف المادة المستخدمة، فالكتلة الحرجة للبلوتونيوم أقل من الكتلة الحرجة لليورانيوم.

2) الشكل الكروي: يجب أن تكون الكتلة الحرجة لليورانيوم في شكل كروي لكي يحدث الإنفجار، لأن بعد الذرات عن المركز متساوي فيصلها عدد متساوي من النيوترونات التي تساعد على حدوث التفاعل المتسلسل.

3) كثافة التشكيل: لكي يحدث الأنفجار يجب أن يكون اليورانيوم في شكل مضغوط (مكبوس) جيدا، ولا يكون على شكل مسحوق سائب.

[6] لأنه لا ينصهر إلا عند 1855 درجة مئوية، ولا يتفاعل مع النيوترونات.



شكل 22.15: نموذجان مبسطان للقنبلة النووية

لنفرض أن لدينا $25Kg$ من اليورانيوم المخصب 95% ، ونرغب بإنتاج قنبلة نووية، إننا إن وضعنا الكمية ككتلة واحدة ستنفجر فورا داخل المصنع، لأن كتلة هذه الكمية أكبر من الكتلة الحرجة، ولهذا نقسم الكمية إلى جزئين، بشرط أن تكون كتلة أي منهما أقل من الكتلة الحرجة وهي $20Kg$. مثلا القطعة الأولى $15Kg$ والثانية $10Kg$ ، لكن لا يمكن أن نجعلها $20Kg$ و $5Kg$ لماذا ؟!، بعد ذلك نضع مادة متفجرة خلف الكتلة الصغيرة لكي تدفعها بإتجاه الكتلة الكبيرة، فيلصقان ويبدأ التفاعل المتسلسل وتنفجر القنبلة.

مثال آخر، لنفرض أن لدينا $64Kg$ من نفس اليورانيوم السابق، فإننا سنلاحظ أننا لا يمكن أن نجزئه إلى قسمين فقط، لأن احدهما على الأقل سيكون أكبر من الكتلة الحرجة، ولا يمكن قسمته إلى ثلاثة أقسام أيضا لنفس السبب، ولهذا سنقسمه إلى 4 قطع، بشرط أن لا تكون كتلة أي منها $20Kg$ أو أكبر، مثل أن يكون في الوسط $19Kg$ و البقية $15Kg$ ، $15Kg$ ، $15Kg$.

وكلما زادت كتلة القنبلة زاد عدد التجزيء، إذا كان لدينا $100Kg$ من نفس اليورانيوم السابق، إلى كم قطعة يجب أن نجزءها ؟!

22.3.3 الاندماج النووي

هو رد فعل يحدث عندما تقترب ذرتين أو أكثر من بعضهما بدرجة كافية لانتاج ذرة جديدة أو أكثر مع بعض الجسيمات، والفرق بين كتلتي المتفاعلات والنواتج يصدر على شكل طاقة كبيرة. ولكي نقوم بعملية الدمج فإننا يجب أن نوفر الطاقة اللازمة لتكوين روابط القوة النووية القوية بين نيوكلونات النواة، ولهذا لا تحدث عملية الاندماج إلا في درجة حرارة عالية جدا $10^7 - 10^8 K$ ويتم الحصول عليها بقنبلة انشطارية أو الليزر أو الإنضغاط السريع. وإذا بحثنا في الجدول الدوري عن النواة التي تملك أقل عدد من النيوكلونات وبالتالي أقل تنافر مع الانوية الأخرى، فإننا لن نجد أصغر من الهيدروجين، ولهذا يستخدم في عمليات الاندماج النووي. ويحدث الاندماج النووي بشكل مستمر على سطح الشمس.

ت	المتفاعلات	الطاقة الناتجة
1	$D_1^2 + T_1^3$	$17MeV$
2	$D_1^2 + D_1^2$	$12.5MeV$
3	$D_1^2 + He_2^3$	$18.3MeV$
4	$B_5^{11} + p^+$	$8.7MeV$

جدول 22.4: من أفضل خيارات الاندماج

$$H_1^1 + H_1^1 \rightarrow H_1^2 + e^+ + \nu$$

$$H_1^1 + H_1^2 \rightarrow H_2^3 + \gamma$$

$$H_2^3 + H_2^3 \rightarrow H_2^4 + 2H_1^1 + 24.9Mev$$

شكل 22.16: الاندماج النووي

ولا يستخدم الهيدروجين العادي عادة في الاندماجات النووية، وإنما نظائره الديتيريوم D_1^2 والتريتيوم T_1^3 معطيا طاقة تتغير بتغير المتفاعلات، وأهم التفاعلات الاندماجية هي الموضحة في الجدول في الهامش مع الطاقة الناتجة عنها.

ويستخدم الليثيوم أيضا في الاندماج النووي بقذفه ببروتون مسرّع حسب المعادلة: $Li_3^7+H_1^1 \longrightarrow 2He_2^4+17.3MeV$

نشأة العناصر ؟

نتيجة لتفاعلات الاندماج النووي على النجوم العملاقة يتحول الهيدروجين إلى هيليوم، وعند استهلاك معظم الهيدروجين تبدأ درجة حرارة النجم بالانخفاض، وهذا يقلص قلبه المكون من الهيليوم، مما يولد ضغط هائل يرفع درجة حرارة مركزه إلى 100 مليون كالفن فينتج البريليوم:

$$He_2^4+He_2^4 \longrightarrow Be_4^8$$

ثم يتحول البريليوم إلى كربون:

$$Be_4^8+He_2^4 \longrightarrow C_6^{12}+\gamma$$

ثم يتحول الكربون إلى أكسجين:

$$C_6^{12}+He_2^4 \longrightarrow O_8^{16}+\gamma$$

والأكسجين يتحول إلى نيتروجين:

$$O_8^{16}+He_2^4 \longrightarrow Ne_{10}^{20}+\gamma$$

وتستمر العملية لإنتاج العناصر الكيميائية، ويعتقد أن جميع العناصر الموجودة على سطح الأرض قد تكونت بنفس الطريقة.

22.3.4 مسرعات الجسيمات

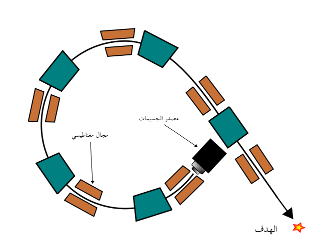
مسرع الجسيمات الخطي

هو جهاز مكون من أنابيب متصلة بشكل مستقيم ويفصل بينها فواصل ذات قطبية كهربائية، ويزداد طول هذه الفواصل كلما اقتربنا من الهدف. وقد يصل طول الانابيب إلى عدة كيلومترات، ويتميز بقدرته على إكساب الجسيمات المسرّعة طاقة عالية جدا، إلا أنه يستهلك كمية كبيرة من الطاقة، وإذا لم تصنع أنابيبه من مواد فائقة التوصيل فإن درجة حرارتها سترتفع بشكل كبير.

شكل 22.17: مسرع الجسيمات الخطي

السنكروترون

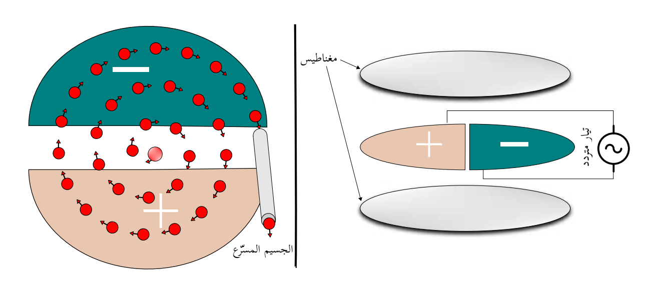
هو جهاز مكون من أنابيب متصلة بشكل دائري ويفصل بينها فواصل ذات مجالات مغناطيسية، تعمل على زيادة سرعة الجسيم المستهدف، ويتميز بأنه يحتاج إلى مساحة أرض أصغر، لكن يعيبه أنه لا يستطيع الوصول للسرعات التي تصل له مسرعات الجسيمات الخطية الكبيرة بسبب المدار الدائري، حيث يتسبب القصور الذاتي في تناثر كمية من الجسيمات إلى الخارج.[7]



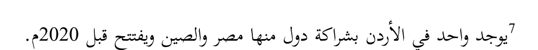
شكل 22.18: السنكروترون

السيكلترون

هو جهاز مكون من نصفي دائرة متقابلين ويفصل بينهما مسافة صغيرة، ويوصلان بقطبي تيار متردد، وويوضعان بين مجالين مغناطيسيان يمنعان الجسيم من الهرب، بحيث يتحرك الجسم في مدار دائري فوق نصفي الدائرة كما في الرسم. ويتميز السيكلترون بصغر حجمه، وانخفاض تكلفته، لذا يمكن للجامعات الحصول عليه بسهولة أكبر من المسرع الخطي والسنكروترون، كما أن حجمه صغير فيمكن وضعه داخل أحد المختبرات.



شكل 22.19: السيكلترون


[7] يوجد واحد في الأردن بشراكة دول منها مصر والصين ويفتتح قبل 2020م.

فكرة عمله

لنفرض أننا نريد تسريع بروتون موجب، نظرا لأن التيار الكهربائي المستخدم هو تيار متردد لذا فإن قطبية نصفي الدائرة تتغير باستمرار، وطبعا البروتون الموجب سينجذب للقطب السالب، فينجذب لنصف الدائرة الأول السالب لكن بمجرد وصوله إليه يكون قد تحول لموجب (لأن التيار متردد)، فينحرف مبتعدا، ويتجه لنصف الدائرة الثاني السالب لكن بمجرد وصوله إليه يكون قد تحول لموجب (لأن التيار متردد)، ويستمر البروتون يدور، كلما وصل للقطب السالب يفاجأ بتحوله لقطب موجب، فيعود أدراجه، ويستمر البروتون يدور ويدور إلى أن يصل لمحيط الدائرة ويخرج من المنفذ، بعد أن اكتسب السرعة المطلوبة.

22.4 التدريبات

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

1- توضع المادة المشعة داخل المفاعل في أنابيب مصنوعة من:

ا) الحديد
ب) الزركونيوم ✓
ج) النحاس
د) الفضة

2- المادة المشعة الأكثر استخداما في المفاعلات الذرية:

ا) الفرانشيوم
ب) الراديوم
ج) البلوتونيوم
د) اليورانيوم ✓

3- اليورانيوم المستخرج من الأرض يحتوي على $U235$ بنسبة أكبر من $U238$:

ا) صح
ب) خطأ ✓

4- إن معدل تدفق الغازات من غشاء مسامي يتناسب طرديا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغازات :

ا) صح
ب) خطأ ✓

5- احسب كمية اليورانيوم $U235$ التي يستهلكها مفاعل ذري قدرته 500×10^6W وكفاءته 25% ؟

الحل

تعيين المعطيات: $E_{U235}=200MeV$

التطبيق: طاقة انشطار ذرة $U235$ بالجول

$E=200\times10^6eV\times1.6\times10^{-19}$

$=32\times10^{-12}J$

طاقة الخرج 25%

$=32\times10^{-12}\times0.25=8\times10^{-12}J$

عدد الانشطارات (الأنوية) المطلوبة في الثانية واليوم (اليوم 86400 ثانية)

$=\frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الخرج}}$

$=\frac{500\times10^6}{8\times10^{-12}}=62.5\times10^{18}/s$

$=62.5\times10^{18}\times86400$

$=54\times10^{23}/day$

كتلة اليورانيوم المستهلكة في اليوم

$=\frac{\text{عدد الانشطارات}}{\text{عدد أفوجادرو}}\times$ عدد الكتلة

$=\frac{54\times10^{23}}{6.02\times10^{26}}\times235$

$=39.03\times10^{-3}Kg$

كتلة اليورانيوم المستهلكة منخفضة لأننا أفترضنا كفاءة تشغيل عالية.

6- تحول اليورانيوم U_{92}^{238} إلى ثوريوم Th_{90}^{234} يصاحبه انبعاث جسيمات :

ا) الفا ✓
ب) بيتا
ج) جاما
د) أشعة فوق بنفسجية

7- النظائر هي ذرات عنصر واحد ومتشابهه في :

ا) عدد الالكترونات ✓
ب) عدد النيوترونات
ج) عدد الكتلة
د) حجم الذرة

8- ما مقدار (Z,A) التي تجعل المعادلة $U_{92}^{238}\rightarrow\alpha+Y_Z^A$ صحيحة :

ا) $Z=90,A=234$ ✓
ب) $Z=90,A=238$
ج) $Z=92,A=238$
د) $Z=92,A=234$

9- عدد انحلالات الجسم المشع كل ثانية يسمى :

ا) النشاط الاشعاعي ✓
ب) الانشطار النووي
ج) الاندماج النووي
د) التفاعل الكيميائي

10- الطاقة النووية اللازمة لاضمحلال نصف كتلة العنصر المشع تسمى ؟

ا) نصف العمر
ب) عمر الحياة
ج) نصف الاشعاع
د) عمر النصف ✓

11- الطاقة النووية على سطح الشمس ؟

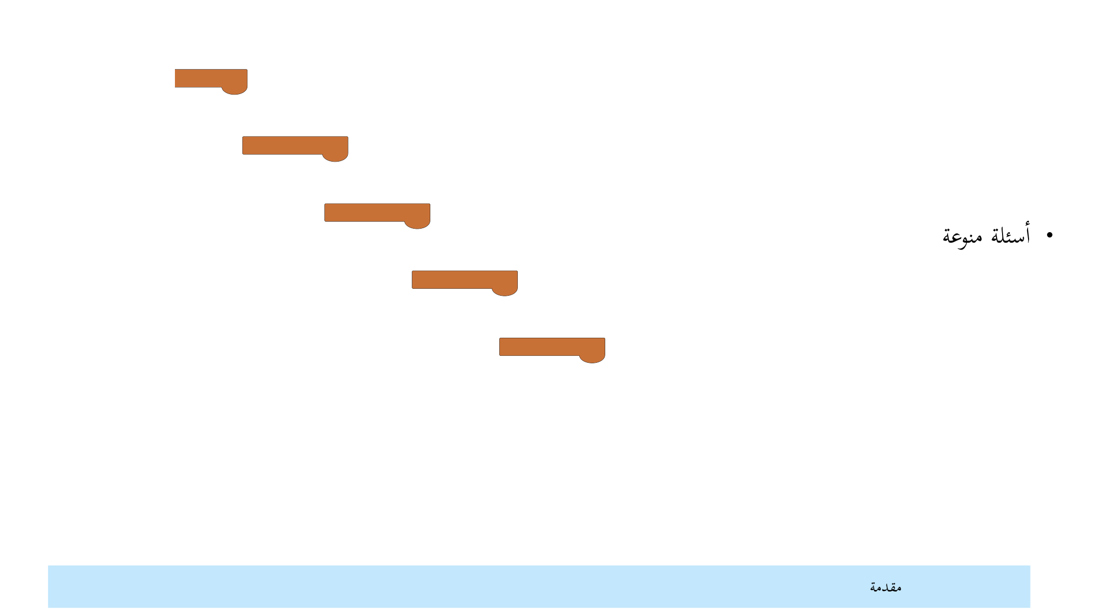
ا) اندماجية ✓
ب) انشطارية
ج) تفاعلية
د) انعكاسية

12- في التفاعلات النووية الذي يختلف ؟

ا) العدد الكتلي ✓
ب) الطاقة
ج) كمية الحرارة
د) مقدار الكتلة

23

تحصيلي الفيزياء



مقدمة

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

تم إضافة اسئلة التحصيلي إلى أسئلة التدريبات في نهاية كل فصل، والاسئلة التي لا دروس لها في هذا الكتاب أو تشبه أسئلة أخرى يتم إضافتها هنا.

1- قام عالم بمراقبة خفاش، وبعد تفكير طويل، اكتشف أن الخفاش من الثدييات، يسمى العمل الذي قام به :

ا) فرضية
ج) تنبؤ
ب) استنتاج ✓
د) نظرية

2- عملية شحن الجسم دون ملامسته :

ا) حث ✓
ج) دلك
ب) توصيل
د) تأريض

3- احسب طاقة فوتون تردده $1\times10^{15}Hz$ حيث ثابت بلانك $6.36\times10^{-34}J/Hz$:

ا) 6.36×10^{-49}
ج) 0.15×10^{-49}
ب) 6.36×10^{-19} ✓
د) 7.36×10^{-19}

4- اشترى طفل لعبة، وعند تحريكها تولدت طاقة كهربائية، هذا يشبه :

ا) المولد الكهربائي ✓
ج) المغناطيس الكهربائي
ب) المحرك الكهربائي
د) المصباح الكهربائي

5- من هو مكتشف الاشعة السينية :

ا) رونتجن ✓
ج) رذرفورد
ب) سين
د) بور

6- من هو مكتشف الحث الكهرومغناطيسي :

ا) فارادي ✓
ج) رذرفورد
ب) رونتجن
د) بور

7- إن طاقة اهتزاز الذرات مكماة، لذا فإن أحد القيم التالية خاطيء ؟

ا) $1.5hv$ ✓
ج) $3hv$
ب) $2hv$
د) $4hv$

8- لدينا نوعين من الترانزستور a به فجوة، و b ليس به فجوة ؟

ا) aشبه موصل و bموصل ✓
ج) aشبه موصل و bشبه موصل
ب) a موصل و bموصل
د) a موصل و bشبه موصل

9- سار شخص مسافة $3m$ شرقا ثم قطع مسافة $4m$ شمالا، احسب الإزاحة الكلية له ؟

ا) $5m$ ✓
ج) $12m$
ب) $7m$
د) $1m$

10- فسر اينشتين التأثير الكهروضوئي بأن الضوء عبارة عن حزمة من :

ا) الفوتونات ✓
ج) البروتونات
ب) الالكترونات
د) النيوترونات

11- إضمحلال غاما يؤدي إلى :

ا) إعادة ترتيب وتوزيع الطاقة في النواة ✓
ج) تحرر البروتونات
ب) تحرر الالكترونات
د) تحرر النيوترونات

12- التفسير العلمي لظاهرة طبيعية بناء على مشاهدات واستقصاءات مع مرور الزمن يسمى :

ا) النظرية العلمية ✓
ج) القانون العلمي
ب) الافتراض العلمي
د) الرؤية العلمية

13- العالم الذي يخالف النظرية الكهرومغناطيسية :

ا) بور ✓
ج) رذرفورد
ب) تومسون
د) اينشتين

14- حين نمشي على سجادة، نسمع فرقعة ناتجة عن الشحن :

ا) بالدلك ✓
ج) بالتوصيل
ب) بالحث
د) بالبطارية

15- إذا تحول البروتون إلى نيوترون فإنه ينتج إيضا :

ا) بوزترون ✓
ج) كوارك
ب) باراتون
د) بروتون

16- يتحرك إلكترون على مجال مغناطيسي شدته $0.4T$ بسرعة $5\times10^{6}m/s$ ، فإذا كانت شحنة الإلكترون $1.6\times10^{-19}C$ ، احسب القوة المؤثرة على الإلكترون :

ا) $2\times10^{-19}N$
ج) $7\times10^{-13}N$
ب) $3.2\times10^{-13}N$ ✓
د) $4.7\times10^{-11}N$

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

17- أي العلاقات التالية تكافيء العلاقة $T=\frac{v.s}{m^2}$:

ا) $m=\sqrt{\frac{v.s}{T}}$ ✓
ب) $m=\sqrt{\frac{T}{v.s}}$
ج) $v=s.T.m^2$
د) $v.s=\frac{T}{m^2}$

18- سقط فوتون تردده $108\times10^{14}Hz$ على سطح تردد العتبه لمادته $8\times10^{4}Hz$ ، كم ستكون طاقة الالكترون المتحرر ؟

ا) $6.626\times10^{-18}J$ ✓
ب) $116\times10^{-18}J$
ج) $864\times10^{-18}J$
د) $13.5\times10^{-18}J$

19- أي الوحدات التالية هي وحدة لكمية فيزيائية قياسية ؟

ا) الأمبير ✓
ب) الفولت
ج) الأوم
د) التسلا

20- إذا كانت كتلة مادة مشعة $12grams$ وكان عمر النصف لها $4days$ ، احسب كتلتها يوم السبت بعد القادم، إذا كان اليوم هو الجمعة ؟

ا) $3grams$ ✓
ب) $6grams$
ج) $2grams$
د) $4grams$

21- الأشعة السينية هي موجات ؟

ا) ترددها عال وطولها الموجي صغير ✓
ب) ترددها عال وطولها الموجي كبير
ج) ترددها منخفض وطولها الموجي صغير
د) ترددها منخفض وطولها الموجي كبير

22- انتقال الحرارة في الفضاء يسمى ؟

ا) اشعاع ✓
ب) توصيل
ج) حمل
د) رفع

23- إمكانية تحرير إلكترونات معدن ما بواسطة شعاع ضوئي مناسب يسمى ؟

ا) التاثير الكهروضوئي ✓
ب) التأثير الكهروستاتيكي
ج) تأثير دوبلير
د) الانشطار النووي

24- أي الصندوقين المتساويين في الكتلة والحجم، له قوة إحتكاك سكوني أكثر على الأرض ؟

A B

ا) كلاهما يساويان الصفر ✓
ب) الصندوق A
ج) الصندوق B
د) كلاهما يساويان أكبر من صفر

25- حسب قانون كبلر: تسير الكواكب في مدارات .... حول الشمس ؟

ا) اهليجية ✓
ب) دائرية
ج) مستقيمة
د) متقاطعة

26- جسم كتلته على سطح الأرض $10Kg$ ، كم كتلته إذا وضعناه على سطح القمر ؟

ا) $10Kg$ ✓
ب) $98Kg$
ج) $90Kg$
د) صفر

27- الكميات التالية كميات قياسية ما عدا ؟

ا) القوة ✓
ب) الزمن
ج) المسافة
د) شدة التيار

28- نتأكد من صحة الفرضية عن طريق ؟

ا) الاستنتاج
ب) التحليل
ج) التجريب ✓
د) السؤال

29- تمثيل حركة الجسم بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة ؟

ا) الجسيم الخطي
ب) الجسيم النقطي ✓
ج) الجسيم الحلزوني
د) الجسيم القصي

30- أي العمليات التالية تعتبر عملية فيزيائية ؟

ا) توصيل النحاس للكهرباء ✓
ب) صدأ الحديد
ج) احتراق الورق
د) نمو الشجرة

31- إذا تحركت الموجات بالسرعة نفسها فإن معدل نقلها للطاقة يتناسب طرديا مع ..... ؟

ا) مربع سرعتها
ب) سرعتها
ج) طولها الموجي
د) مربع سعتها ✓

التدريبات عدد من الأسئلة للمراجعة

32- المقصود بأن طاقة الذرة مكماة، أنها تأخذ قيم .... ؟

ا) صحيحة ✓ ج) نسبية

ب) طبيعية د) صغيرة

33- يرمز للنظام الدولي للوحدات بالرمز ؟

ا) SI✓ ج) MI

ب) Tr د) GI

34- أي الوحدات التالية وحدة لكمية أساسية في النظام العالمي ؟

ا) الامبير A✓ ج) الفولت V

ب) التسلا T د) الاوم Ω

35- إحدى الوحدات التالية تعد مشتقة ؟

ا) m/s✓ ج) m

ب) Kg د) s

36- المسافة بين مدينتي جدة والطائف $180Km$ ، تكون المسافة بالامتار ؟

ا) $18\times10^{4}m$✓ ج) $1800m$

ب) $180\times10^{-3}m$ د) $180\times10^{6}m$

37- كم Hz في $0.6MHz$ ؟

ا) $6\times10^{5}Hz$✓ ج) $6\times10^{6}Hz$

ب) $6\times10^{7}Hz$ د) $0.6\times10^{5}Hz$

38- أي القيم التالية تساوي $86.2cm$ ؟

ا) $8.62\times10^{-4}Km$✓ ج) $862dm$

ب) $8.62m$ د) $0.862mm$

39- علم يدرس الطاقة والمادة والعلاقة بينهما ؟

ا) الفيزياء ✓ ج) الاحياء

ب) الكيمياء د) الرياضيات

40- مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية ؟

ا) القياس ✓ ج) الدقة

ب) الضبط د) الطريقة العلمية

41- طريقة قراءة التدريج تكون بالنظر إليه ؟

ا) عموديا وبعين واحدة ✓ ج) عموديا وبكلتا العينين

ب) مائلا وبعين واحدة د) مائلا وبكلتا العينين

42- دقة قياس الاداة تساوي ؟

ا) نصف قيمة اصغر تدريج ✓ ج) نصف قيمة أكبر تدريج

ب) ربع قيمة اصغر تدريج د) ربع قيمة أكبر تدريج

43- علم يدرس الطاقة والمادة والعلاقة بينهما ؟

ا) الفيزياء ✓ ج) الاحياء

ب) الكيمياء د) الرياضيات

44- إذا كانت طاقة الوضع لجسم $100J$ عندما كان على ارتفاع $10m$ ، فما مقدار طاقته الحركية عندما يسقط إلى ارتفاع $5m$ عن الارض ؟

ا) $50J$✓ ج) $9.8J$

ب) $5J$ د) $15J$

45- أكبر الاشعاعات التي لديها قدرة على النفاذ ؟

ا) غاما ✓ ج) الفا

ب) بيتا د) تحت الحمراء

46- علم يدرس الطاقة وتحولاتها في الكون :

ا) الديناميكا الحرارية ✓ ج) الكهروستاتيكا

ب) الميكانيكا الحرارية د) الميكانيكا

47- إذا كانت طاقة الفوتون الساقط على سطح فلزي $5.5eV$ وكان اقتران الشغل للفلز $4.5eV$ ، فإن طاقة الالكترون المتحرر تساوي ؟
$E_{out}=E_{in}-E_{pairing}$

ا) $1eV$ ✓ ج) $1.22eV$

ب) $10eV$ د) $24.75eV$

48- نموذج الجسم الاسود الذي استخدمه بلانك كان على شكل :

ا) متوازي مستطيلات ✓ ج) كرة

ب) هرم د) أنبوب

التدريبات **عدد من الأسئلة للمراجعة**

49- تخمين علمي يمكن أن يكون صائبا أو خاطئا ؟

ا) الفرضية ✓

ب) النظرية

ج) القانون

د) الحقيقة العلمية

50- قذف جسم إلى أعلى وبعد ثانيتين وصل الجسم لأقصى ارتفاع، كم كانت السرعة الابتدائية $(g{=}10m/s^2)$ ؟

ا) $20m/s$ ✓

ب) $5m/s$

ج) $10m/s$

د) $2m/s$

24

ملحقات

24.1 الجدول الدوري

(Mendeleev's) Periodic Table of Chemical Elements via TikZ

	1 IA	2 IIA	3 IIIA	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 1.0079 **H** Hydrogen																	2 4.0025 **He** Helium
2	3 6.941 **Li** Lithium	4 9.0122 **Be** Beryllium											5 10.811 **B** Boron	6 12.011 **C** Carbon	7 14.007 **N** Nitrogen	8 15.999 **O** Oxygen	9 18.998 **F** Flourine	10 20.180 **Ne** Neon
3	11 22.990 **Na** Sodium	12 24.305 **Mg** Magnesium											13 26.982 **Al** Aluminium	14 28.086 **Si** Silicon	15 30.974 **P** Phosphorus	16 32.065 **S** Sulphur	17 35.453 **Cl** Chlorine	18 39.948 **Ar** Argon
4	19 39.098 **K** Potassium	20 40.078 **Ca** Calcium	21 44.956 **Sc** Scandium	22 47.867 **Ti** Titanium	23 50.942 **V** Vanadium	24 51.996 **Cr** Chromium	25 54.938 **Mn** Manganese	26 55.845 **Fe** Iron	27 58.933 **Co** Cobalt	28 58.693 **Ni** Nickel	29 63.546 **Cu** Copper	30 65.39 **Zn** Zinc	31 69.723 **Ga** Gallium	32 72.64 **Ge** Germanium	33 74.922 **As** Arsenic	34 78.96 **Se** Selenium	35 79.904 **Br** Bromine	36 83.8 **Kr** Krypton
5	37 85.468 **Rb** Rubidium	38 87.62 **Sr** Strontium	39 88.906 **Y** Yttrium	40 91.224 **Zr** Zirconium	41 92.906 **Nb** Niobium	42 95.94 **Mo** Molybdenum	43 96 **Tc** Technetium	44 101.07 **Ru** Ruthenium	45 102.91 **Rh** Rhodium	46 106.42 **Pd** Palladium	47 107.87 **Ag** Silver	48 112.41 **Cd** Cadmium	49 114.82 **In** Indium	50 118.71 **Sn** Tin	51 121.76 **Sb** Antimony	52 127.6 **Te** Tellurium	53 126.9 **I** Iodine	54 131.29 **Xe** Xenon
6	55 132.91 **Cs** Caesium	56 137.33 **Ba** Barium	57-71 **La-Lu** Lanthanide	72 178.49 **Hf** Halfnium	73 180.95 **Ta** Tantalum	74 183.84 **W** Tungsten	75 186.21 **Re** Rhenium	76 190.23 **Os** Osmium	77 192.22 **Ir** Iridium	78 195.08 **Pt** Platinum	79 196.97 **Au** Gold	80 200.59 **Hg** Mercury	81 204.38 **Tl** Thallium	82 207.2 **Pb** Lead	83 208.98 **Bi** Bismuth	84 209 **Po** Polonium	85 210 **At** Astatine	86 222 **Rn** Radon
7	87 223 **Fr** Francium	88 226 **Ra** Radium	89-103 **Ac-Lr** Actinide	104 261 **Rf** Rutherfordium	105 262 **Db** Dubnium	106 266 **Sg** Seaborgium	107 264 **Bh** Bohrium	108 277 **Hs** Hassium	109 268 **Mt** Meitnerium	110 281 **Ds** Darmstadtium	111 280 **Rg** Roentgenium	112 285 **Uub** Ununbium	113 284 **Uut** Ununtrium	114 289 **Uuq** Ununquadium	115 288 **Uup** Ununpentium	116 293 **Uuh** Ununhexium	117 292 **Uus** Ununseptium	118 294 **Uuo** Ununoctium

57 138.91 **La** Lanthanum	58 140.12 **Ce** Cerium	59 140.91 **Pr** Praseodymium	60 144.24 **Nd** Neodymium	61 145 **Pm** Promethium	62 150.36 **Sm** Samarium	63 151.96 **Eu** Europium	64 157.25 **Gd** Gadolinium	65 158.93 **Tb** Terbium	66 162.50 **Dy** Dysprosium	67 164.93 **Ho** Holmium	68 167.26 **Er** Erbium	69 168.93 **Tm** Thulium	70 173.04 **Yb** Ytterbium	71 174.97 **Lu** Lutetium
89 227 **Ac** Actinium	90 232.04 **Th** Thorium	91 231.04 **Pa** Protactinium	92 238.03 **U** Uranium	93 237 **Np** Neptunium	94 244 **Pu** Plutonium	95 243 **Am** Americium	96 247 **Cm** Curium	97 247 **Bk** Berkelium	98 251 **Cf** Californium	99 252 **Es** Einsteinium	100 257 **Fm** Fermium	101 258 **Md** Mendelevium	102 259 **No** Nobelium	103 262 **Lr** Lawrencium

- Alkali Metal
- Alkaline Earth Metal
- Metal
- Metalloid
- Non-metal
- Halogen
- Noble Gas
- Lanthanide/Actinide

Z mass **Symbol** Name	man-made

24.2 بايثون للفيزيائيين

بايثون هي لغة برمجة عالية المستوى تستخدم على نطاق واسع من قبل علماء الفيزياء في العالم، نظرا لقوتها وسهولتها بالنسبة للغة سي وجافا، ويستخدمها العلماء لاجراء الحسابات المتنوعة وحل المسائل المعقدة، وحفظ واسترجاع البيانات، وتتميز بأنها مدعومة على جميع أنظمة التشغيل، بالاضافة إلى احتوائها *modules* التالية math و numpy و scipy للتعامل مع جميع الحسابات الرياضية تقريبا و *modules* التالية visual و pylab و MatPlotLib للرسوم البيانية العلمية والاحصائية. إنتبه إلى أن الحزمة math فقط هي التي تأتي مدمجة مع بايثون أما بقية الحزم يجب تركيبها بالامر *pip* ، لكن من تجربتي الشخصية وجدت أن أسهل طريقة لتركيب حزم البايثون على الويندوز هي تنزيل الحزم بصيغة *whl* من *http://www.lfd.uci.edu/ gohlke/pythonlibs/* ثم تركيبها بالأمر *pip install c:/youdir/yourmodule.whl* ، ويكون اسم الحزم مثل هذا $scipy-0.18.1-cp36-cp36m-win_amd64.whl$ وحجم بعضها يتجاوز 100 ميغابايت، وعند تنزيلنا للحزمة نركز على نهاية اسم الملف هل هو 64 بت للاجهزة الحديثة أم 32 بت للأجهزة القديمة جدا، والرقم الذي يأتي بعد *cp* يدل على اصدار البايثون، مثلا *cp36* تعني الحزمة تتوافق مع إصدار بايثون 3.6 .

وتستخدم بايثون في التعامل مع الروبوتات، وبناء البرامج البسيطة وكذلك المعقدة، وينصح الفيزيائيين بتعلم اساسياتها، ولهذا تستخدم في ناسا وكثير من مراكز الابحاث، لكن لا ينصح بالتركيز عليها وحدها للطالب الذي يرغب التخصص في البرمجة لأن شركات البرمجة تبحث عن المتخصصين في الجافا و ++C ، أما بقية اللغات فيعتبرونها نقاط قوة لكن ليست اساسية، لكن هذا لا يعني أنها ضعيفة، انها قوية لكنها ليست الأولى.

لأهمية البايثون للفيزيائيين، تم إضافة هذا الملحق لشرح بعض الأمور الاساسية في البايثون، والتي تساعد الفيزيائي على حل المسائل، إن الانترنت تحتوي على عدد كبير من الكتب المجانية التي تعلم البايثون وبعضها باللغة العربية، لكن تذكر دائما أن قيامك بحل المسائل بشكل يدوي يرسخ وينمي إتقانك لحل المسائل الفيزيائية، لا تقم ابدا بالاعتماد الكلي على الحاسب الآلي في حل المسائل، لأنك ستفقد مهاراتك بالتدريج وربما تصل لنسيان القوانين، لكن استخدمه عندما يكون وقتك ضيقا، أو تحتاج لتطبيق قانون معين على عدد كبير من الحالات أو للتأكد من صحة حلك، واخيرا للمسائل والرسوم البيانية المعقدة.

ومن المراجع التي يمكن استخدامها لدراسة بايثون للفيزيائيين:

- كتاب تعلم البرمجة مع بايثون 3 ، وابحث عنه في قوقل بإسم learn_python3.pdf .
- كتاب Computational Physics Problem Solving with Computers ، وابحث عنه في قوقل بإسم computational_physics.pdf .
- كتاب Computational Physics With Python ، وابحث عنه في قوقل بإسم CPwP.pdf .
- كتاب Introduction to Python for Science ، وابحث عنه في قوقل بإسم PythonMan.pdf .

⁎ لا أعرف نوع تصريح الملكية الفكرية لكل كتاب منها، لذا ابحث عن ذلك بنفسك.

تركيب البايثون

يمكن تركيب البايثون من موقعها python.org ويفضل بشدة تركيب الاصدار الاخير من بايثون 3 وليس بايثون 2 القديمة.

لكتابة أكود البايثون نحتاج لمحرر، توجد الكثير من برامج التحرير المجانية، لكن اشهرها pycharm ويستخدمه أكثر من 50% من مبرمجي بايثون (لمبرمجي برامج الهاتف أو الاجهزة التي تحتوي شاشات لمس ينصح بتركيب *module* بإسم kivy ايضا فهو يسهل عملية صنع واجهة البرامج ودعم شاشات اللمس) ، وتوجد محررات أخرى.

من أهم أنواع المتغيرات في بايثون

- الاعداد الحقيقية float وهي الاعداد التي بها فواصل عشرية أو اسس مثل 3.14 أو 3.2×10^{-12}.

- الاعداد الصحيحة int هي الاعداد التي لا تحتوي على فواصل عشرية مثل 1013 أو 8 .

- النصوص str هي الحروف أو الكلمات النصية.

والفاصلة تكتب دائما نقطة (9.8) وليس (9,8).

مثال للتدريب: قانون نيوتن الثاني $F=ma$

```
m = 2
a = 9.8
F = m*a
```

ولطباعة النتيجة على الشاشة نستخدم الأمر print ويجب وضع المطلوب طباعته بين قوسين () والنصوص داخل القوسين، يجب وضعها بين علامتي تنصيص مزدوجة "*text*" ، كما يجب وضع فاصلة بين النصوص والمتغيرات:

```
print(m)
print(a)
print(F)
print("the force = ",F,"  Newten")
```

لجعل العملية متقدمة أكثر يمكننا أن نجعل البرنامج يطلب من المستخدم كتابة القيم في نافذة صغيرة :

```
from math import *
m = float(input("write m her"))
a = float(input("write a her"))
F = m*a
print("Force = ",F)
```

في المثال السابق استخدمنا input للطلب من المستخدم كتابة الكتلة، وغلفناه ب float لكي يتم تحويل اي رقم يكتب إلى عدد حقيقي قابل للاستخدام.

العمليات الحسابية

العمليات الحسابية تكتب بالطريقة العادية في الجمع والطرح والضرب والقسمة:

```
from math import *
a+b
a-b
a*b
a/b
```

الشئ المختلف هو إشارة // وتعني ناتج القسمة بدون باق (حذف الباق)، وكذلك % وتعني الباق فقط،، والأس يكتب ** ، ويجب أن لا نخلط بين إشارة يساوي == وإشارة القيمة = التي تساوي بين المتغير وقيمته.

```
import math from *
a = 9//2
b = 9%2
c = 4**2
print(a , b ,c)
```

ستكون قيمة a=4 بينما b=1 وقيمة c=16 .

كتابة المعادلات

قانون نيوتن الثاني $F=ma$ يكتب هكذا $F=m*a$

قانون الحركة الخطية $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ يكتب هكذا $x=v_0*t+0.5*a*t**2$

يمكن للتسهيل والاختصار، أن نكتب المساواة بين أكثر من قيمة في سطر واحد مثل:

```
from math import *
a , b , c = 3 , 2 , 9
```

وتعني a=3 و b=2 و c=9 .

بعض العمليات الرياضية الأخرى:

tan	log
asin	10log
sinh	exp
sqrt	sin
pi	cos

انشاء دالة لحل مسألة حسابية

لماذا ننشيء دالة لحل معادلة بينما الآلات الحاسبة متوفرة ؟!، اليدوية منها والمدمجة في الهواتف أو الحواسيب، ببساطة للحفاظ على الوقت، فبعض المعادلات طويلة، وبعض المسائل تتطلب التعويض في عدة قوانين إلى أن نصل للحل النهائي، تخيل أن طالبا أو باحثا يكرر تجربة في المختبر، وتتطلب نتائج التجربة التعويض في قانون معين كل مرة.

إن التعويض في قانون بسيط مثل $F=ma$ ربما لن يشكل مشكلة كبيرة، ولكن ماذا إذا كنا نريد التعويض في قانون طويل مثل قانون حساب الضغط:

$$P = P_0.(1 - \frac{L.h}{T_0})^{\frac{g.M}{R.L}}$$

لنبدأ بإنشاء دالة صغيرة ثم دالة أعقد، لنفرض أننا نريد إنشاء دالة لحساب قانون نيوتن الثاني:

```
def f(m,a):
    print(m*a)

f(3,4)
```

الدالة تبدأ دائما بثلاثة حروف هي def ويليها مسافة ثم اسم الدالة (أي اسم نختاره)، ويفضل أن يكون للاسم ارتباط بما نريد، لكي يسهل علينا مراجعة الكود، في المثال السابق اخترنا f لأننا سنحسب القوة، بين القوسين نضع رموز المتغيرات، لكن لا نكتب رموز الثوابت كتسارع الجاذبية الارضية، وبعدها رمز النقطتين الرأسية (:) ثم ننقر على زر الادخال enter ، وسنلاحظ أن السطر الجديد لم يبدأ من أول السطر، وإنما بعد أربعة مسافات من بداية السطر الذي قبله، ثم نكتب print أي أظهر على الشاشة (وليس اطبع بالطابعة)، ونكتب قوسين بينهما المعادلة، أخيرا لكي نحسب القوة في مسألة ما، نكتب $f(3,4)$ ونستبدل 3 بالكتلة و 4 بالتسارع المعطى في السؤال. ولا نحتاج لاعادة الاسطر الأولى اذا رغبنا بحل مسألة جديدة، فقط نكتب السطر الأخير مع تغيير المعطيات مثل $f(24,8)$ وهكذا.

كيف نكتب معادلة بها 3 متغيرات ؟ ، بنفس الطريقة السابقة، لكن نضيف رمز المتغير الثالث داخل اسم الدالة، مثال قانون الحركة الأول $V_f=V_0+at$:

```
def vf(v0,a,t):
    print(v0+a*t)

vf(2,5,20)
```

كتابة الجذر في معادلة $v=\sqrt{2*g*h}$ يحتاج استيراد الحزمة math والعملية سهله، لاستيراد حزمة في بايثون، نكتب from ثم اسم الحزمة ثم import لاختيار وظيفة معينة في الحزمة (النجمة بعد import تعني أيها الحاسب استورد في ذاكرتك (الرام) جميع الأوامر أو الوظائف الموجودة في الحزمة math ، لاحظ أن استيراد كل الأوامر قد يستهلك الذاكرة العشوائية للجهاز ويبطئه لذا حاول أن تستورد ما تريده فقط:

```
from math import *
def vg(h):
    g = 9.81
    print("%.2f"% math.sqrt(2*g*h))
vg(99)
```

الجديد في المثال السابق هو استخدام الجذر sqrt ، و الأمر "%.2f"% يعني إذا كان الناتج به فاصلة، إعرض أول خانتين فقط، وإذا اردنا 3 خانات نكتب $3f$ وهكذا، اما إذا رغبنا بحذف كل ما بعد الفاصلة نكتب صفر $0f$ ، ويمكن استبدال حرف f بحرف e لكتابة النتيجة بالصيغة العلمية، أو g لجبر الكسر، أي اكمال العدد العشري لعدد صحيح، أو d لحذف ما بعد الفاصلة [14].

الكود	النتيجة
"%.2f"%	12.79
"%.2e"%	1.27e+01
"%.2g"%	13
"%.2d"%	12

لنفرض أن لدينا قانون له متغيرين، ويكون أحدهما مجهول في مسالة، والآخر يكون مجهولا في مسألة أخرى، بدلا من أن اكتب دالة لكل مسالة، أكتب دالة للحالتين.

```
def speed(vg,h):
    g = 9.81
    if vg =='':
        print("%.2f"% math.sqrt(2*g*h))
    elif h =='':
        print("%.2f" % (vg**2/(2*g)))
speed('',99)
speed(50,'')
```

قانون حساب سرعة السقوط الحر يحتوي على متغيرين vg و h وهما السرعة والارتفاع، بالاضافة لثابت تسارع الجاذبية الارضية g ، ولأنه ثابت لم نضعه مع المتغيرات بين القوسين، إن الدالة تقول: الدالة اسمها speed وتحتوي على متغيرين هما vg و h ، يوجد ثابت اسمه g وقيمته 9.81 ، وإذا كانت قيمة السرعة vg المعطاة من قبل المستخدم للدالة ، تساوي '' أي مجهولة : احسب واطبع النتيجة باستخدام صيغة المعادلة التالية واذا كانت النتيجة تحتوي على فاصلة فاطبع أول خانتين فقط، أما إذا كان الارتفاع h مجهول فاحسب واطبع النتيجة باستخدام الصيغة الثانية... الخ، أخيرا لاستخدام الدالة نكتب $speed('',99)$ إذا كانت السرعة مجهولة، و $speed(50,'')$ إذا كان الارتفاع مجهول.

hphysics هي مكتبة بايثون3 تحتوي على قوانين فيزياء جاهزة للاستخدام، ويستفاد منها في حل المسائل الفيزيائية بسرعة وسهولة.
يمكن تنزيل آخر إصدار من هنا:
sourceforge.net/projects/hphysics/files/
طريقة الاستخدام:
تحتوي المكتبة على أكواد لحل مجموعة من المسائل الفيزيائية، ويتم استخدامها بالطريقة التالية:

١. يتم حفظ ملف المكتبة *hphysics.py* في مجلد بايثون الذي نحفظ فيه ملفاتنا.
save hphysics.py in any folder
أو ننسخه لمجلد :
C:\Users\username\AppData\Local\Programs\Python\Python36
بعد حذف رقم الاصدار من اسم الملف ليصبح hphysics ، وبذلك نستطيع استيراده في IDEL .

٢. نستورد المكتبة بالأمر: *from hphysics import **
*create new python file, then write "from hphysics import *"*

٣. نستورد دالة الحل بالطريقة التالية: نحدد القانون المطلوب، وننسخ دالته، مثل $h1(f,m,a)$ ونعوض فيها بالمعطيات، ونعوض عن المجهول بقوسين فارغين[١] '' لكي يعرف الكود أن هذا المتغير مجهول، ويمكن معرفة اسماء الدوال من الجدول التالي.
in 2nd line, write function name, like "h1(f,m,a)", and put '' in unkonown like: $h1('',2,4)$, *or* $h1(8,'',4)$ *or* $h1(8,2,'')$

بالنسبة لمستخدمي جوالات اندرويد يمكنهم تركيب برنامج *qpython3* المجاني، ونسخ مكتبة الفيزياء في مجلد السكربتات *qpython/scripts3*. ثم فتح ملف جديد فارغ وحفظه في نفس المجلد باسم *ph.py*، واستيراد المكتبة كما تم شرحه في الخطوات السابقة.
we can used hphysics in android with "qpython3 program" or python3 program

def	القانون	عربي	English	ت
$h1(f,m,a)$	$F=ma$	قانون نيوتن الثاني		1
$h2(v,d,t)$	$v=\frac{d}{t}$	السرعة الخطية		2
$h3(a,v,t)$	$a=\frac{v}{t}$	التسارع الخطي		3
$h4(vx,a,t,v0)$	$v_x=v_0+at$	معادلة الحركة الخطية1		4
$h5(x,a,t,v0)$	$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$	معادلة الحركة الخطية2		5
$h6(vf,v0,a,x)$	$v_f^2=v_0^2+2ax$	معادلة الحركة الخطية3		6
$h7(t,h,g)$	$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$	زمن السقوط الحر		7
$h8(v,g,h)$	$v=\sqrt{2gh}$	سرعة السقوط الحر		8
$h9(v,m1,m2,g,h)$	$v_x=\sqrt{(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})2gh}$	سرعة السقوط في آلة أتوود		9
$h10(x,v0,theta)$	$x=\frac{v_0^2sin(2\theta)}{g}$	المسافة الأفقية في المقذوفات		10
$h11(t,v0,theta)$	$t=\frac{2v_0sin(\theta)}{g}$	زمن المسافة الأفقية في المقذوفات		11
$h12(t,f,r,theta)$	$\tau=Fr\times sin\theta$	العزم مع الجيب		12
$h13(t,f,r,theta)$	$\tau=Fr\times cos\theta$	العزم مع جيب التمام		13
$h14(f1,f2,r1,r2)$	$F_1\times r_1-F_2\times r_2=0$	عزم الاتزان		14
$h15(j,f,t)$	$J=F\Delta t$	القوة مع الدفع		15
$h16(j,m1,m2,v1,v2)$	$J=p_f-p_i$	الدفع مع الزخم		16

[١] بتحويل لغة لوحة المفاتيح للانجليزية ثم نقرة واحدة على الزر المجاور لمفتاح Enter من اليسار.

24.3 برنامج Gnuplot

برنامج جنو بلوت gnuplot هو برنامج قوي لانتاج الرسوم البيانية البسيطة والمتقدمة، وهو مجاني ومفتوح المصدر ويعمل على الويندوز واللينكس والماك، لكن بدون واجهة رسومية، ويمكن للفيزيائي استخدامه لانتاج رسوماته البيانية، وانصح بتركيبه إذا لم يتم تركيب برنامج ماكسيما.

24.3.1 الرسم المسطح باستخدام *plot*

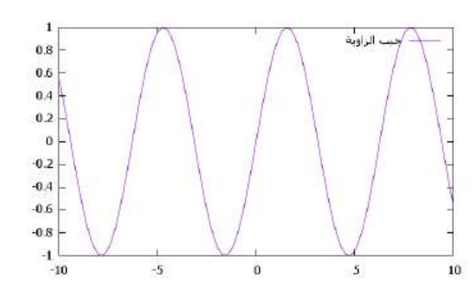
مثال1 لنفرض أننا نريد رسم منحنى $sin\theta$ جيب الزاوية ؟
نكتب أمر الرسم *plot* وبعده المعادلة، ثم انقر على زر Enter في لوحة المفاتيح لينتج الرسم البياني! أليست عملية سهلة.

```
plot sin(x)
```

لنفرض أننا نريد تحديد مدى الارقام على المحور السيني أو الصادي أو كليهما، كل ما علينا فعله هو استخدام الأمر *xrange* والأمر *yrange*.

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
plot sin(x)
```

وهذه نتيجة الرسم:



شكل 24.1: 2gnuplot

كيف أكتب اسم المتغير على المحور السيني أو المحور الصادي ؟
يمكننا ذلك باستخدام الأمر *xlabel* والأمر *ylabel* .

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
set xlabel 'text␣her'
set ylabel 'text␣her'
plot sin(x)
```

كما يمكننا ملء الرسم البياني بالأمر *with* (يمكن كتابته w فقط)، متبوعا بنوع الملء مثل *filledcurves* أو تخطيط ما تحته *impulses* (توجد خيارات كثيرة - راجع دليل برنامج جنو بلوت).

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
```

```
set xlabel 'text␣her'
set ylabel 'text␣her'
plot sin(x) with filledcurves
```

مثال2 كيف نكتب كود لرسم بياني لأكثر من دالة أو معادلة؟
يمكننا رسم معادلتين أو أكثر بوضع فاصلة بينها كما في الكود التالي:

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
set xlabel 'text␣her'
set ylabel 'text␣her'
a(x) = sin(x)
b(x) = cos(x)
plot a(x) , b(x)
```

وكما هو واضح أننا نكتب المعادلة الثانية في سطر جديد وبإسم جديد *b* ، ويمكن إضافة معادلة ثالثة ورابعة و...، وكل معادلة في سطر جديد وبإسم جديد، وفي السطر الأخير نطبع المعادلات بالامر *plot* ثم كتابة اسماء الدوال مع وضع فاصلة بينها.
كيف نكتب نص داخل الرسم البياني؟
نستخدم الأمر ملصق *label* مع تحديد مكان ظهور النص بالأمر *at* تتبعه الاحداثية:

```
set label 'text' at 2,3.5
```

وتعني اطبع كلمة *text* على الرسم البياني عند الاحداثية 2 على المحور السيني و 3.5 على المحور الصادي.
كيف أكتب عنوان نصي للرسم البياني ؟

```
set title 'text␣her'
```

ومن الأوامر المهمة تعيين نوع الزاوية (راديان أو درجات)، البرنامج يعتمد الراديان إفتراضيا، واذا رغبنا بالتغيير، نستخدم أحد الأمرين التاليين:

```
set angles degrees
set angles radians
```

استيراد البيانات

ومن الاوامر المهمة استيراد البيانات، لنفرض أننا نريد انتاج رسم بياني للعدد الكتلي الخاص بعناصر الجدول الدوري، ولنفرض أن البيانات مخزنة في ملف *mass number.csv* والملف يحتوي بيانات كل العناصر، والعدد الكتلي هو العمود 20 في الجدول داخل ملف csv .

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' using :($20) with lines
```

في السطر الأول أخبرنا البرنامج بنوع الفاصلة الموجودة بين البيانات في ملف csv (ملفات csv يمكن أن تستخدم عدة أنواع من الفاصلات)، ويمكن معرفة نوع الفاصلة بفتح الملف ببرنامج المفكرة أو أي محرر نصوص.
السطر الثاني يقول ارسم *plot* مستخدما *using* (يمكن كتابتها u فقط) العمود عشرين $20 في الملف *mass number.csv* ، لاحظ أن البرنامج يستخدم علامة الدولار $ للدلالة على رقم العمودي في الجدول، واجعل الرسم البياني على شكل *with* خط متصل بين النقاط *lines* (لو لم نكتب هذه الجزئية سيقوم البرنامج برسمها على شكل نقاط)، ويمكن إجراء عملية حسابية على العدد الكتلي أو إدخاله في معادلة مثل قسمته على 3 ، وستلاحظ أن البرنامج يسمح باختصار جملة *with lines* إلى الحرف الأول من كل منهما *w l* للتسهيل.

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' u :($20)/3 w l
```

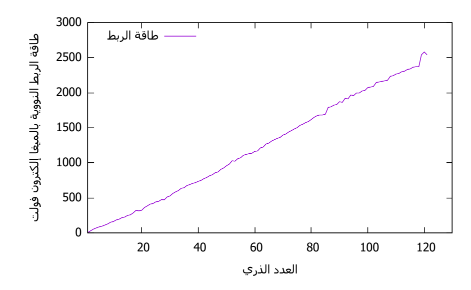
لنفرض أن جدول البيانات في الملف يحتوي على عدد كبير من الصفوف ونرغب باختيار مدى معين، مثلا نريد الرسم البياني للصفوف من 1 إلى 10 في الجدول وذلك بكتابة [1:10] بعد الامر *plot* :

```
plot [1:10] 'mass_number.csv' u :($20) w l
```

مثال آخر: الرسم البياني لمعادلة طاقة الربط النووية القوية بين البروتونات، حيث العمود 20$ العدد الكتلي، و 27$ العدد الذري.

$$B_E=[M_x-(Zm_p+Nm_n)]\times 931$$

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' /
u :(($20)-(($20)*1.007825+($20-$27)*1.008665))*931 /
w l
```

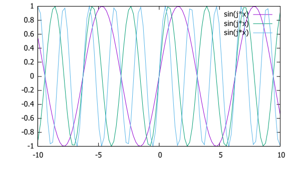


شكل 24.2: binding

تم تقطيع السطر بعد *plot* بسبب حجم الصفحة، لذا عند رغبتك بتجربة هذا المثال، فضلا احذف / ثم ضع كل ما بعد *plot* في سطر واحد.

تكرار الرسم بالحلقة البرمجية *loop*

```
plot for [j=1:3] sin(j*x)
```



شكل 24.3: loop

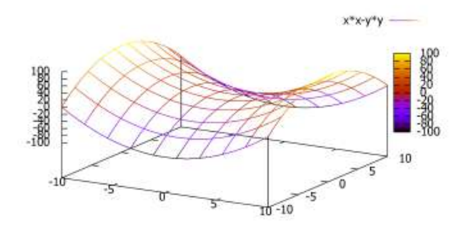
نكتب المدى بعد *for* مع ملاحظة أن نعوض بإسم المتغير في المعادلة المراد رسمها.



24.3.2 الرسم المجسم يتم باستخدام الأمر *splot*

مثال على الرسم المجسم باستخدام *palette* :

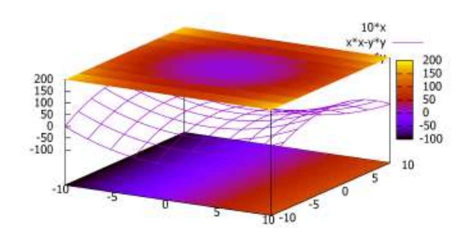
```
splot x*x-y*y with line palette
```



شكل 24.4: palette

مثال آخر على الرسم المجسم باستخدام $pm3d$ مع $at\ b$ لوضع الرسم في الاسفل أو $at\ t$ لوضع الرسم في الأعلى، وبدون at لوضع الرسم في الوسط :

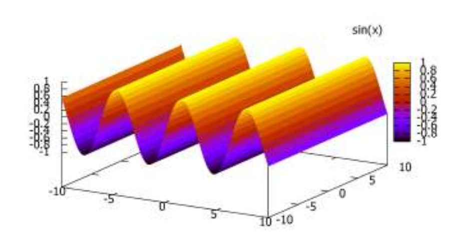
```
splot 10*x with pm3d at b
splot x*x-y*y
splot x*x+y*y with pm3d at t
splot 10*x with pm3d at b, x*x-y*y, x*x+y*y with pm3d at t
```



شكل 24.5: d3pm

مثال آخر

```
splot sin(x) w pm3d
```



شكل 24.6: d3pm

وأخيرا توجد الكثير من الخيارات والوظائف المتقدمة التي يمكن الاطلاع عليها في دليل المستخدم الخاص ببرنامج جنو بلوت، ولا تنس بعد أي رسم اكتب *reset* لمسح الذاكرة والبدء من جديد.

ملاحظات مهمة:

- كثير من الاوامر التي تم شرحها مثل *xlabel* و *xrange* و *title* موجودة في الواجهة الرسومية في قائمتي *Axes* و *chart*، أي يمكن إضافتها بدون كتابة أي كود.

- ملف csv هو ملف نصي يستخدم بكثرة لتصدير الجداول من اكسل أو كلك أو مواقع الويب، ويتميز بصغر حجمه ودعمه في جميع انظمة التشغيل، وجميع برامج الجداول الممتده (حسب علمي) تدعم التصدير إليه.

24.4 برنامج Maxima

برنامج ماكسيما Maxima هو برنامج جبري (رياضيات وفيزياء) لحساب نتائج أي عملية رياضية تقريبا، من المعادلات البسيطة إلى معادلات التفاضل والتكامل، مرورا بالمصفوفات وكثيرات الحدود وتحليل العوامل واللوغارتمات وعلم المثلثات وغيرها من العمليات الرياضية، بالاضافة إلى الرسومات البيانية، وهو البديل المجاني لبرنامج Mathematica المشهور. البرنامج له عدة واجهات رسومية (يتم تركيبها بعد تركيب البرنامج) ولكن اشهرها منذ 25 سنة، واجهة Wxmaxima ، وهي واجهة سهلة وتم دمجها أخيرا في البرنامج (نسخة ويندوز)، ولا اعرف عن نسخة لينكس وماك، ولهذا أنصح به لجميع اساتذة الجامعات ومعلمي الفيزياء وطلاب الفيزياء في الجامعات، أما طلاب المرحلة الثانوية فلا اعتبره مهم لهم في الفيزياء، إن هذا البرنامج تم انتاجه من عام 1967م أي من قبل اختراع الويندوز وأجهزة الحاسب الشخصي، أي عمره 49 سنة، ويتم تطويره بشكل مستمر، وهو من جامعة *MIT* الامريكية العريقة، أخيرا بعد أن تكتب اي معادلة انقر Ctrl+Enter لاظهار النتيجة.

24.5 برنامج Octave

برنامج أوكتاف Octave هو برنامج حساب عددي (رياضيات) لحساب نتائج العمليات الرياضية العددية ورسمها. وللبرنامج واجهة رسومية مدمجة به. وهو البديل المجاني لبرنامج MatLab ، بل يمكن برمجة أوامر وعمليات الماتلاب عليه ويحفظ الملفات بصيغة m الخاصة بالماتلاب، وهو مفيد للمهندسين أكثر من الفيزيائيين، لكن يستخدم من قبل الفيزيائيين في الرسوم البيانية المعقدة المبنية على كمية بيانات كبيرة ناتجة عن تجربة معينة.

24.6 برنامج PHET

برنامج فيت PHET ، هو برنامج تكنولوجيا الفيزياء التعليمية، إنه برنامج رائع من انتاج جامعة كلورادو الامريكية، وتشارك جامعة الملك سعود السعودية في تمويله، وهو مختبر علمي افتراضي، يحتوي قريبا من 100 تجربة فيزيائية مشهورة تغطي مناهج المرحلة الثانوية والجامعية، ويستطيع الطالب اجراء التجارب من خلال الحاسب الآلي في منزله أو مدرسته، دون الاتصال بالنت، وفي نفس الوقت مجاني، ومتعدد اللغات، ومعرب تقريبا، ويسمح بالمشاركة في تعريبه.

24.7 برنامج Inkscape

برنامج إنكسكيب inkscape هو برنامج رسم متجهي* يساعد الفيزيائي وغيره على رسم أي شيء، ويمتلك مميزات رائعه تجعله صديقا للفيزيائي، والبرنامج مجاني ويعمل على لينكس وويندوز، ويحتوي موقعه على مكتبه رسومات كبيرة تبرع بها مستخدمو البرنامج.

* برامج الرسم المتجهي هي برامج تخزن الرسوم على شكل معادلات رياضية بدلا من حفظها نقطة نقطة، ولهذا تكون ملفات رسوماتها صغيرة مهما كانت معقدة، وهو ما يجعلها تستخدم في الرسومات التي تتطلب دقة عالية، مثل تصميم العملات الورقية، والرسومات الهندسية في أوتوكاد، والرسومات المجسمة في ثريدي ستوديو، وبرامج الرسم الصناعي والعلمي.

24.8 برنامج R

برنامج R هو برنامج ممتاز يعمل كبديل مجاني ومفتوح المصدر لبرنامج الإحصاء المشهور SPSS ، ولهذا هو مفيد لعدد محدود من الفيزيائيين.

24.9 برنامج Lyx

برنامج Lyx.org هو افضل برنامج لكتابة الكتب العلمية ورسائل الماجستير والدكتوراة، ومبني على لغة Latex المختصة بكتابة الأبحاث العلمية، ولهذا فهو يعمل على فلسفة «ما تريد هو ما تحصل عليه» ، وليس «ما تراه هو ما تحصل عليه» ، أي ركز على الكتابة فقط وسيقوم البرنامج بالتنسيق نيابة عنك بطريقة احترافية، ويستطيع تصدير كتابك بصيغة بوستكربت عالية الجودة الخاصة بالمطابع الحديثة، بالإضافة إلى pdf والوورد والرايتر وغيرها. وقد تم اختراع لغة لتيك قبل اختراع الويندوز، ولهذا فإن بعض الجامعات والمجلات العلمية المشهورة تشترط تسليم نسخة من الرسالة العلمية أو المقالة أو البحث مكتوبا بلغة Latrx ، ولشهرة هذه اللغة وقوتها تم بناء برنامج Lyx بواجهة سهلة ومعربة وتدعم اللغة العربية (الواجهة بلغة C) . أنصح كل استاذ جامعي بتركيب البرنامج (حتى غير الفيزيائيين) ، وأنصح به كل مدرس فيزياء أو رياضيات وكل شخص يريد كتابة رسالة الماجستير أو الدكتوراة أو حتى كتابة بحث علمي، برنامج Lyx لا يختص بالكتب العلمية فقط، إنه يخدم جميع الكتب وجميع الرسائل العلمية والأدبية.

قائمة الأشكال

قائمة الجداول

الفهرس

المصطلحات

أهداب التداخل Interference Fringes

اشباه الموصلات Semiconductors

الأشعة السينية X-ray

الإزاحة Displacment

الاتزان الحراري Thermal balance

الازاحة الزاوية Angular displacement

الاستقطاب Polarization

الاسكان المعكوس Population inversion

الاندماج النووي Nuclear Fusion

الانشطار النووي Nuclear Fission

البكرة Pulley

التدفق الانسيابي Streamline Flow

التدفق المضطرب Turbulent Flow

التردد Frequency

التسارع Accleration

التسارع الزاوي Angular acceleration

التشويب أو التطعيم Doping

التصادم Collision

التصادم المرن Elastic collision

التوازي Parallel Circuit

التوالي Series Circuit

الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic induction

الحركة Mechanics

الدفع Impulse

الديناميكا Dynamics

الذرة Atom

الزخم Momentum

الزمن الدوري Time Periodic

السرعة Speed

السرعة الزاوية Angular velocity

الشغل Work

الضغط Pressure

الضغط الجوي Atmospheric pressure

الطاقة الحركية Kinetic energy

الطاقة الحركية Kinetic energy

الطور Phase

الطول الموجي Wavelength

الطيف الخطي spectrum Line

الطيف المستمر spectrum Continuous

العزم Torque

العوازل Insulators

الفائدة الميكانيكية Mechanical advantage

الفائدة الميكانيكية المثالية Ideal mechanical advantage

الفيض المغناطيسي Magnetic flux

القدرة Power

القصور الذاتي Inertia

القيزر Gazer

الكفاءة Efficiency

اللزوجة Viscosity

الليزر Laser

المطياف Spectrometer

المقذوفات Projectile

الموائع Fluids

الموائع المتحركة Hydrodynamics

الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves

الموجات الميكانيكة Mechanical waves

الموجات تحت الصوتية InfraSound

الموجات فوق الصوتية UltraSound

محزوز الحيود Diffraction grating

محولات الكهرباء Transmission

مخطط المجال المتجهي Vector Field Diagram

مركز الكتلة Center of mass

مصادر الطاقة Sources of energy

معادلة رذرفورد Rutherford scattering formula

مقاومة المائع Drag Coefficient

نصف العمر النشط Radioactive Half-Life

طاقة الالكترون Electron Energies

وحدة الطاقة الذرية Nuclear Energies unit

وحدة الكتلة الذرية Atomic masses uint

المصادر

[1] موقع ويكيبيديا. مجاني ومفتوح المصدر.

[2] نوبل موريس. الالكترونيات.

[3] د.نضال الرشيدات. ديناميكا حرارية.

[4] د.ابراهيم ناصر. النظرية النسبية.

[5] مجلة علوم بالعربي. الثوريوم.

[6] د.عويش حربي. أساسيات في الفيزياء العامة.

[7] فكرة الرسم من موقع وكالة ناسا.

[8] علي سعيد-سهام الجاسم. أسس الكيمياء النووية.

[9] عبد الرحمن فكري و محمد العدوي. النظرية النسبية.

[10] licene. gpl with project Gis Grass

[11] licene. 3 creative with github in images siyavula

[12] نخبة من الأساتذة. مبادىء القيزياء. الدار الدولية للنشر والتوزيع, 1997.

[13] كتيب الفيزياء الدورانية - الفصل9. جامعة كلورادو uccs, 2016.

[14] .2013 Python. With Physics Computational Ayars. Eric Dr. University State California

[15] ocw.mit.edu. المشروع المفتوح لمعهد ماساتشوستس للتقنية.

[16] physicshelp.ca. PhysicsEH.

[17] wolfweb.unr.edu. موقع ذئب الانترنت. جامعة نيفادا.